

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-135>

УДК 658.5

БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ ЯК ОБ'ЄКТ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

BUSINESS PROCESSES AS AN OBJECT OF SIMULATION MODELING

Станасюк Наталія Степанівна
доктор економічних наук, професор,
Національний університет «Львівська політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6885-9431>

Stanasiuk Nataliia
Lviv Politechnic National University

У статті розглянуто питання важливості аналізу та вдосконалення бізнес-процесів в умовах сучасного бізнесу, що характеризується складністю та динамічністю. Наведено визначення та класифікацію бізнес-процесів. Підкреслено, що традиційні методи аналізу часто є недостатніми для комплексної оцінки ефективності бізнес-процесів, тому все більшого значення набуває імітаційне моделювання. Перевагами імітаційного моделювання визначено можливість аналізу складних систем, проведення аналізу "what-if", виявлення вузьких місць, оптимізацію продуктивності, зменшення ризику та візуалізацію результатів. Наведено порівняння пакетів програмного забезпечення, що дозволяють здійснювати імітаційне моделювання, вибір окреслених пакетів залежить від потреб проекту, складності бізнес-процесів та технічних навичок користувачів.

Ключові слова: бізнес-процес, імітаційне моделювання, симуляція дискретних подій, програмне забезпечення для моделювання.

The article discusses the importance of analyzing and improving business processes in the context of modern business, which is characterized by complexity and dynamism. It is emphasized that traditional analysis methods are often insufficient for a comprehensive assessment of the effectiveness of business processes, therefore, simulation modeling is becoming increasingly important. The purpose of the article is to reveal the essence and tools of simulation modeling for analyzing, improving, and optimizing business processes. A business process is defined as a structured and measurable set of actions aimed at achieving a specific result for a client or market. It is characterized by a clear sequence of steps, the transformation of input data into output, and contribution to achieving organizational goals. Business processes are classified according to various criteria by strategic importance and contribution to the value chain. There is main, auxiliary, and management processes. Simulation modeling is considered a powerful tool for analyzing and improving business processes. It allows you to create a simplified representation of a real system and experiment with it to study behavior under different conditions. Among the advantages of simulation modeling are the ability to analyze complex systems, conduct "what-if" analysis, identify bottlenecks, optimize performance, reduce risk, and visualize results. The process of applying simulation modeling includes defining goals, collecting data, developing a model, verifying and validating, experimenting, and analyzing results. Various simulation modeling software products, such as AnyLogic, Arena Simulation, Simio, and SimPy, are reviewed, along with their features and capabilities. Simulation modeling is an effective tool for analyzing and improving business processes. It allows organizations to obtain valuable information about their operations, identify problem areas, and make informed decisions to improve efficiency, reduce costs, and increase customer satisfaction. The choice of specific software depends on the needs of the project, the complexity of the processes, and the technical skills of the users.

Keywords: business process, simulation modelling, discrete event simulation, modelling software.

Постановка проблеми. Взаємодія мінливих та детермінованих факторів, що впливають на діяльність організації, вимагає прискіпливої уваги до розробки та реінжинірингу бізнес-процесів. Сучасні бізнес-процеси детерміновані багатьма чинниками і створю-

ють складну динаміку системи, що робить традиційні аналітичні методи неадекватними для комплексної оцінки ефективності. Наприклад, просте збільшення штату може не призвести до бажаного скорочення часу очікування в ресторані швидкого обслуговування,

якщо основним обмеженням є фізичне планування кухні або ефективність системи керування замовленнями.

Цей сценарій ілюструє типову проблему бізнес-процесу, яку можна проаналізувати за допомогою симулювання дискретних подій (DES). Завдяки моделюванню гіпотетичних сценаріїв можна приймати керовані даними рішення щодо оптимізації процесів, що призведе до підвищення ефективності роботи, скорочення часу очікування клієнтів і підвищення рівня задоволеності клієнтів. Цей приклад служить переконливим обґрунтуванням застосування імітаційного моделювання як потужного інструменту для аналізу та вдосконалення бізнес-процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційні методи аналізу процесу, хоч і цінні для розуміння статичних структур процесу, мають значні обмеження при застосуванні до складних динамічних систем, що характеризуються стохастичністю, взаємозалежностями та петлями зворотного зв'язку. Ці обмеження зумовлюють необхідність використання складніших методів, таких як симуляція дискретних подій, які можуть явно моделювати ці фактори та забезпечити більш повне та точне розуміння поведінки процесу. Дослідження моделювання бізнес-процесів представлено у працях іноземних авторів Халашка М., Шперка, Р., Сіднева А., Туомінен Й., Крассі Б. Вони рекомендують DES і SD методики для управління бізнес-процесами[1]. Ряд авторів наголошують на реінжинірингу бізнес-процесів задля підвищення продуктивності бізнесу[2]. Це розуміння має вирішальне значення для ефективного вдосконалення процесів, оптимізації та прийняття рішень у складних системах [3–4], наведених у працях Солодей Д., Рябоволик Т., Дубініної В. В., Шматковської Т. О., Дзямулич М. І., Стащук О. В.

Мета статті. Полягає у розкритті сутності та інструментів імітаційного моделювання для аналізу, покращення та оптимізації бізнес-процесів. Далі ми окреслимо сутність та види бізнес-процесів, а також можливості управління ними з допомогою імітаційного моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Бізнес-процес – це структурований вимірний набір дій, спрямованих на отримання певного результату для конкретного клієнта або ринку. Він являє собою визначену послідовність кроків або завдань, які перетворюють входи на бажані результати, що в

кінцевому підсумку сприяє досягненню цілей організації. Основні характеристики бізнес-процесу – структурований і вимірний, володіє набором дій, спрямований на конкретний результат, клієнта або ринок, трансформує вхідні дані у виходи, робить внесок у досягнення організаційних цілей [1].

Простіше кажучи, бізнес-процес – це те, як організація робить щось для створення цінності. Це «двигун», який керує діяльністю організації та надає цінність її зацікавленим сторонам[2]. Бізнес-процеси можна класифікувати кількома способами залежно від критеріїв, які використовуються для класифікації (рис. 1). Основною, на нашу думку, є класифікація виходячи зі стратегічного значення бізнес-процесів та внеску в ланцюг створення вартості організації. Так виділяють основні процеси, які безпосередньо створюють цінність для клієнта та є центральними для місії організації. Вони представляють основну діяльність, яка забезпечує постачання основних продуктів або послуг, які пропонує організація (виробництво – виробництво товарів; роздрібна торгівля – продаж і розповсюдження продукції, банківська справа – оформлення позик і керування рахунками, охорона здоров'я – догляд за пацієнтами та лікування).

Допоміжні процеси (вторинні процеси) – підтримують основні процеси та є важливими для безперебійного функціонування організації, але вони безпосередньо не надають цінності зовнішньому клієнту. Вони надають внутрішні послуги та ресурси (людські ресурси – найм, навчання та нарахування заробітної плати; інформаційні технології – IT-інфраструктура та підтримка, фінанси – бухгалтерський облік, бюджетування та фінансова звітність).

Процеси управління здійснюють нагляд і управління операціями організації, включаючи стратегічне планування, управління ефективністю та управління ризиками. Вони задають напрямок і забезпечують основу для всіх інших процесів.

Класифікуючи процеси, організації можуть краще зрозуміти їхні взаємозв'язки, визначити сфери для оптимізації та узгодити їх зі своїми загальними стратегічними цілями. Ця класифікація також допомагає у виборі відповідних методів аналізу та моделювання, таких як моделювання, залежно від характеристик процесу, що вивчається.

Імітаційне моделювання – це процес створення спрощеного представлення реальної системи або процесу з подальшим використанням цього представлення для вивчення



Рис. 1. Види класифікацій бізнес-процесів

Джерело: систематизовано автором

його поведінки з часом [3]. Це передбачає розробку моделі, яка імітує ключові характеристики та взаємодію системи, дозволяючи користувачам експериментувати та аналізувати її продуктивність за різних умов, не порушуючи реальну систему. Ключові аспекти та типи імітаційного моделювання наведені в табл. 1.

Перевагами імітаційного моделювання є: 1) аналіз складних систем – симуляція може обробляти системи зі складними взаємодіями, мінливістю та стохастичністю, які важко аналізувати традиційними методами; 2) аналіз «what-if» – він дозволяє користувачам тестувати різні сценарії та оцінювати вплив змін перед впровадженням їх у реальному світі; 3) виявлення вузьких місць – моделювання може допомогти визначити вузькі місця та зони заторів у межах процесу; 4) оптимізація продуктивності – модель можна використовувати для оптимізації параметрів системи та підвищення загальної продуктивності; 5) зменшення ризику – імітуючи різні сценарії, користувачі можуть оцінити ризики, пов'язані з різними рішеннями; 6) візуалізація та комунікація – симуляція може надати візуальне представлення поведінки системи, полегшуючи розуміння та передачу складної динаміки.

Створюючи імітаційну модель бізнес-процесу, організації можуть отримати цінну інформацію про його поведінку, визначити сфери для вдосконалення та прийняти керувані даними рішення для підвищення ефективності, скорочення витрат і підвищення рівня задоволеності клієнтів [4–5].

Застосування імітаційного моделювання до бізнес-процесів передбачає використання методів моделювання для аналізу, розуміння та покращення того, як виконується робота в організації. Це дозволяє компаніям створювати віртуальне представлення своїх процесів, експериментувати з різними сценаріями та визначати області для оптимізації, не порушуючи реальні операції. Етапи застосування імітаційного моделювання до бізнес-процесів наведені на рис. 2.

Дотримуючись цих кроків і враховуючи ці ключові фактори, організації можуть ефективно застосовувати імітаційне моделювання до своїх бізнес-процесів, отримувати цінну інформацію та приймати рішення на основі даних для підвищення ефективності, зниження витрат і підвищення загальної продуктивності.

Далі розглянуте програмне забезпечення та інструменти моделювання, зокрема кілька

Таблиця 1

Характеристика імітаційного моделювання

Ознака	Пояснення
Базові характеристики	
Спрощене представлення	імітаційна модель не є точною копією реального світу. Він зосереджується на охопленні основних елементів і зв'язків, які мають відношення до цілей дослідження. Спрощення та абстракції необхідні, щоб зробити модель керованою та придатною для обчислень.
Імітація роботи	модель створена для імітації динамічної поведінки системи з часом. Це передбачає представлення того, як стан системи змінюється, коли відбуваються події та час прогресує.
Експериментування та аналіз	коли модель побудована, її можна використовувати для проведення експериментів. Змінюючи вхідні параметри або симулюючи різні сценарії, користувачі можуть спостерігати вплив на продуктивність системи та збирати дані для аналізу.
Без руйнування реальної системи	ключовою перевагою моделювання є те, що воно дозволяє експериментувати без втручання у фактичну систему. Це особливо цінується під час роботи зі складними або дорогими системами, де експерименти в реальному світі є недоцільними, дорогими або ризикованими.
Типи моделювання	
Симуляція дискретних подій (DES)	це найпоширеніший тип, який використовується для моделювання бізнес-процесів. DES моделює систему як послідовність дискретних подій, які відбуваються в певні моменти часу. Кожна подія змінює стан системи. Приклади включають прибуття клієнтів, обробку замовлень, поломки машин тощо.
Безперервне моделювання	цей тип імітаційного моделювання систем, де змінні стану безперервно змінюються з часом, часто описуються диференціальними рівняннями. Приклади включають прогноз погоди, хімічні процеси та динаміку рідин.
Моделювання на основі агентів (ABS)	цей тип моделювання моделює поведінку автономних агентів (індивідів, організацій тощо) та їх взаємодію в межах визначеного середовища. Це корисно для вивчення складних адаптивних систем, де емерджентна поведінка виникає внаслідок взаємодії окремих агентів.
Системна динаміка (SD)	цей підхід зосереджений на розумінні циклів зворотного зв'язку та причинно-наслідкових зв'язків у системі. Він використовує діаграми запасів і потоків для представлення накопичення та потоку ресурсів у системі. Його часто використовують для аналізу складних систем із довгостроковою динамікою на стратегічному рівні.

Джерело: систематизовано автором

пакетів поширеного на ринку програмного забезпечення моделювання. Вони забезпечують моделювання бізнес-процесів, кожен із яких має свої сильні та слабкі сторони (табл. 2).

Для моделювання бізнес-процесів важливими є графічний інтерфейс користувача (GUI), а саме зручний інтерфейс для побудови діаграм процесу без тривалого програмування. Інша необхідність – задані елементи моделювання процесу, тобто попередньо створені об'єкти або модулі для загальних компонентів процесу, таких як черги, ресурси,

дії, точки прийняття рішень і логіка маршрутизації. Наступний потрібний елемент – можливість введення та виведення даних, а саме імпортувати дані з електронних таблиць або баз даних і експортувати результати моделювання для аналізу. Окрім того, візуалізація потоку процесу може допомогти у розумінні та передачі інформації про поведінку моделі. Необхідною складовою імітаційного моделювання виступають інструменти статистичного аналізу, наприклад для обчислення середнього часу очікування, довжини черги

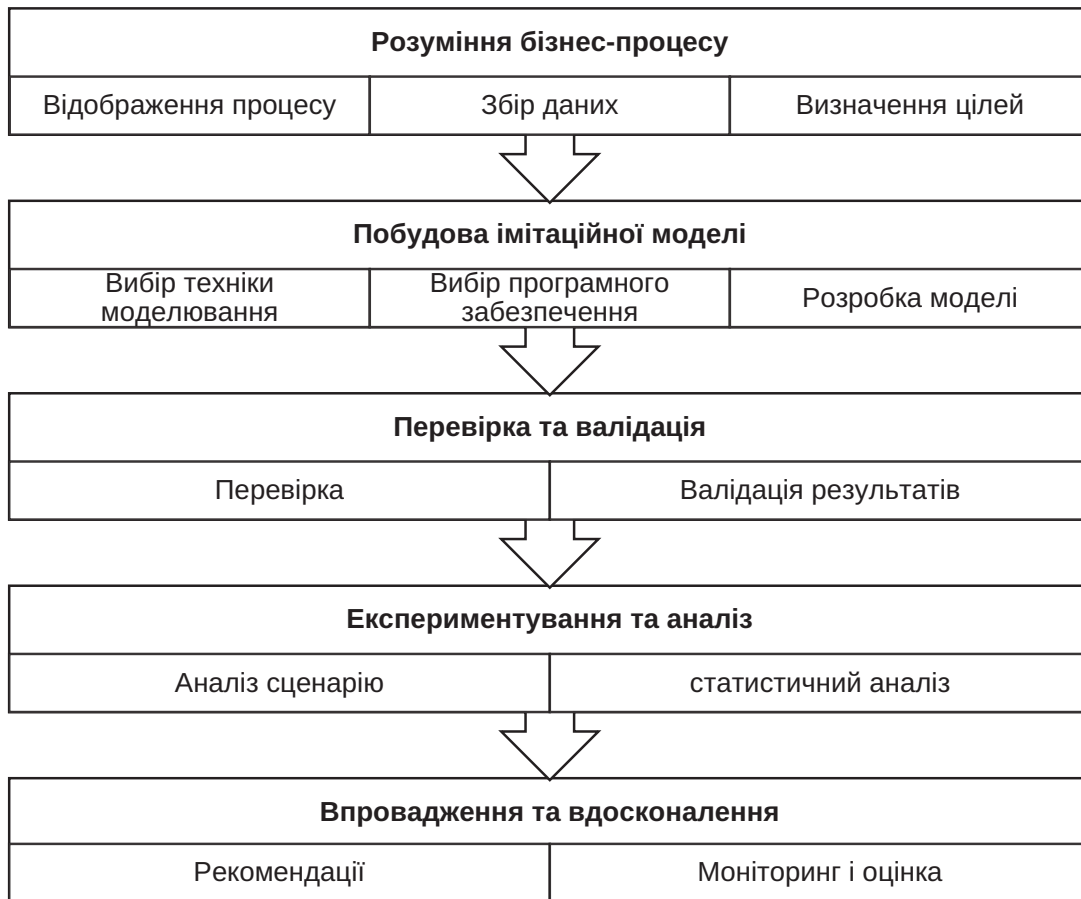


Рис. 2. Впровадженні імітаційного моделювання бізнес-процесів організації

Джерело: систематизовано автором

та використання ресурсів. Це теж стосується можливості аналізу «what-if», оскільки дає можливість легко змінювати вхідні параметри та запускати різні сценарії для оцінки їх впливу на продуктивність процесу.

Вибір відповідного програмного забезпечення залежить від конкретних потреб проекту, складності процесів, що моделюються, наявного бюджету та технічного досвіду користувачів. Якщо програмування не є перешкодою, SimPy пропонує потужний і гнучкий варіант із відкритим кодом. З огляду на простоту використання та більший комплекс функцій, комерційні пакети, такі як AnyLogic, Arena та Simio, зазвичай є кращими для моделювання складних бізнес-процесів.

Висновки. Серед переваг імітаційного моделювання виділяють можливість ана-

лізу складних систем, проведення аналізу "what-if", виявлення вузьких місць, оптимізацію продуктивності, зменшення ризику та візуалізацію результатів. Нові тенденції в імітаційному моделюванні, які заслуговують подальшого дослідження – це використання штучного інтелекту та машинного навчання.

В цілому, імітаційне моделювання є ефективним інструментом для аналізу та вдосконалення бізнес-процесів. Воно дозволяє організаціям отримувати цінну інформацію про свою діяльність, виявляти проблемні зони та приймати обґрунтовані рішення для підвищення ефективності, скорочення витрат та підвищення задоволеності клієнтів. Вибір конкретного програмного забезпечення залежить від потреб проекту, складності процесів та технічних навичок користувачів.

Таблиця 2

Характеристики програмного забезпечення імітаційного моделювання

Програмне забезпечення	Основні характеристики
Комерційне програмне забезпечення	
AnyLogic: багатометодне програмне забезпечення для моделювання, що підтримує дискретне подійне, агентне та моделювання системної динаміки. Для бізнес-процесів його можливості DES є найбільш актуальними.	– інтерфейс перетягування для побудови діаграм процесу; попередньо створені об'єкти для загальних елементів процесу, таких як черги, затримки, ресурси та конвеєри; – 2D та 3D анімація для візуалізації процесу; інструменти для збору та аналізу даних моделювання; можливість імпортувати дані з електронних таблиць і баз даних; – можливості моделювання на основі агентів можуть бути корисними для моделювання поведінки клієнтів у процесі.
Arena Simulation: програмне забезпечення моделювання дискретних подій, яке широко використовується в промисловості та академічних колах.	– використовує підхід блок-схеми для визначення потоку процесу; – надає модулі для черг, ресурсів, дій і точок прийняття рішень; – інструмент для підгонки розподілу ймовірностей до вхідних даних; – інструмент для аналізу результатів моделювання та створення звітів; – значна увага до статистичного аналізу результатів моделювання.
Simio: програмне забезпечення для моделювання, засноване на концепціях об'єктно-орієнтованого програмування. Володіє простотою використання та гнучкістю.	– використовує повторно використовувані об'єкти для створення складних моделей; – забезпечує реалістичну 3D-візуалізацію процесу; підтримує стандартні діаграми процесу; – надає інструменти для визначення складних правил прийняття рішень і логіки процесу.
Варіант з відкритим кодом	
SimPy: бібліотека симуляції дискретних подій на основі Python. Пакет гнучкий і потужний, але вимагає навичок програмування. Його перевага полягає в здатності інтегруватися з іншими бібліотеками Python для аналізу та візуалізації даних.	– основні функції для визначення та планування подій; – інструменти для керування ресурсами та їх доступністю; – здатність моделювати взаємодію між різними процесами.

Джерело: систематизовано автором на основі [6–9]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- Halaška, M. & Šperka, R. Is there a Need for Agent-based Modelling and Simulation in Business Process Management? Organizacija, 2018, *Sciendo*, vol. 51, no. 4, pp. 255–269. DOI: <https://doi.org/10.2478/orga-2018-0019>
- Sidnev A., Tuominen J., Krassi B. Business process modeling and simulation. Helsinki University of Technology. Industrial Information Technology Laboratory Publications. Espoo. 2005. 218 p.
- Солодей Д., Рябоволик Т. Методології моделювання бізнес-процесів. LV науково-технічна конференція «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» за підсумками проведення «Дня науки – 2021». Матеріали. 2021. С. 168–172.
- Дубініна В. В. Моделювання бізнес-процесів підприємства: теоретичні та практичні аспекти. *Вісник ЖДТУ*. 2015. № 2 (72) С. 119–126.
- Шматковська Т. О., Стащук О. В., Дзямулич М. І. Особливості моделювання бізнес-процесів в умовах формування цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-66>.
- AnyLogic simulation software. URL: <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/agent-based-modeling> (дата звернення: 20.12.2024).

7. SimPy simulation. URL: <https://simpy.readthedocs.io/en/latest> (дата звернення: 20.12.2024).
8. Arena Simulation Software. URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html> (дата звернення: 20.12.2024).
9. Simio Digital Twin Simulation Software. URL: <https://www.simio.com/> (дата звернення: 20.12.2024).

REFERENCES:

1. Halaška, M. & Šperka, R. (2018). Is there a Need for Agent-based Modelling and Simulation in Business Process Management?. *Organizacija, Sciendo*, vol. 51, no. 4, pp. 255–269. DOI: <https://doi.org/10.2478/orga-2018-0019>
2. Sidnev A., Tuominen J., Krassi B. (2005). Business process modeling and simulation. Helsinki University of Technology. Industrial Information Technology Laboratory Publications. Espoo. 218 p.
3. Solodey D., Ryabovolyk T. (2021). Metodolohiyi modelyuvannya biznes-protsesiv [Methodologies of business process modeling]. LV scientific and technical conference “Science at TSNTU: main achievements and development prospects” following the results of the “Science Day – 2021”. *Materials*. 2021. P. 168–172.
4. Dubinina V. V. (2015). Modelyuvannya biznes-protsesiv pidpryyemstva: teoretychni ta praktychni aspekty [Modeling of business processes of the enterprise: theoretical and practical aspects]. *Bulletin of ZhDTU*. No. 2 (72). P. 119–126.
5. Shmatkovs'ka, T. O., Dzyamulych, M. I., Stashchuk, O. V. (2021). Osoblyvosti modelyuvannya biznes-protsesiv v umovakh formuvannya tsyfrovoyi ekonomiky [Peculiarities of business process modeling in the conditions of the formation of a digital economy]. *Economy and Society*. No. 26. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-66>.
6. AnyLogic simulation software. URL: <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/agent-based-modeling> (accessed December 20, 2024).
7. SimPy simulation. URL: <https://simpy.readthedocs.io/en/latest/> (accessed December 20, 2024).
8. Arena Simulation Software. URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html> (accessed December 20, 2024).
9. Simio Digital Twin Simulation Software. URL: <https://www.simio.com/> (accessed December 20, 2024).