

Юнак Д.А.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Цапар В.С.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДОЛОГІЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ ЕКОНОМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

У статті досліджено методологічні засади, концептуальні підходи та практичні аспекти автоматизації побудови економічних моделей бізнес-процесів сучасних підприємств. Робота акцентує увагу на зростаючому значенні цифрової трансформації, необхідності прискорення аналітичних процедур та оптимізації процесів ухвалення управлінських рішень в умовах невизначеності, високої конкуренції та динамічних змін ринкового середовища. Проаналізовано сучасні тенденції та напрями досліджень у сферах економіко-математичного моделювання, автоматизації бізнес-процесів, застосування інформаційних технологій і інтеграції програмних систем у структуру підприємств. Запропоновано узагальнену, структуровану методологію, яка об'єднує основні етапи створення економічної моделі – від формулювання проблеми, збору та підготовки даних до математичної формалізації, розроблення алгоритмів, комп'ютерної автоматизації моделювання та подальшої валідації отриманих результатів. Особливу увагу приділено використанню інтервальних економічних моделей, методів оптимізації та обчислювальних процедур, що дають змогу враховувати невизначеність вихідних параметрів, підвищувати точність прогнозів і здійснювати всебічну оцінку альтернативних управлінських стратегій. У статті підкреслюється важливість застосування сучасних програмних засобів і платформ, які забезпечують автоматизоване генерування моделей, аналіз сценаріїв та інтеграцію з існуючими інформаційними системами підприємства. Отримані результати свідчать, що впровадження автоматизації суттєво зменшує трудомісткість процесу моделювання, скорочує часові витрати, підвищує точність, відтворюваність та об'єктивність аналітичних оцінок. Запропонований підхід сприяє розвитку адаптивних систем підтримки прийняття рішень, які здатні оперативно реагувати на зміни зовнішніх і внутрішніх факторів, підсилюючи стратегічні та тактичні можливості підприємства. Дослідження робить вагомий внесок у формування теоретичних та прикладних основ цифровізації бізнес-процесів та відкриває перспективи для подальшого впровадження інтелектуальних технологій в економічне моделювання. Майбутні дослідження можуть бути спрямовані на поглиблення інтеграції методів штучного інтелекту, машинного навчання та прогновної аналітики з метою подальшого розвитку автоматизованих систем управління підприємством.

Ключові слова: автоматизація, економічна модель, бізнес-процес, методологія, інформаційна система.

Постановка проблеми. Сучасний світ характеризується високою динамічністю економічних процесів, зростанням обсягів інформації та необхідністю швидкого реагування на зміни зовнішнього середовища. Для ефективного управління підприємствами необхідно використовувати економічні моделі, що адекватно відображають реальні бізнес-процеси, враховують невизначеність даних і дозволяють оперативно проводити розрахунки та оцінку альтернативних сценаріїв.

Розробка таких моделей традиційно потребує значних часових і людських ресурсів. При ручному

моделюванні зростає ризик помилок, а сама процедура розрахунків стає складною при збільшенні кількості змінних і показників. Автоматизація процесу побудови економічних моделей дає змогу підвищити швидкість, точність і відтворюваність результатів, що має важливе значення для прийняття управлінських рішень у реальному часі.

Разом із тим, існуючі підходи до автоматизації економічного моделювання мають фрагментарний характер. Більшість досліджень спрямовано або на автоматизацію окремих етапів розрахунків, або на створення інформаційних систем для

управління підприємствами без глибокої інтеграції математичних моделей. Розвиток автоматизованих інструментів моделювання вимагає поєднання економічних принципів, алгоритмічних рішень і системної інтеграції, що забезпечує аналітичну сталість і точність результатів [1].

Систематичний огляд сучасних досліджень [2] показує, що попри успіхи у створенні програмних засобів автоматичного генерування бізнес-моделей, відсутня уніфікована методологія, яка б забезпечувала комплексну автоматизацію – від формалізації бізнес-процесу до побудови й аналізу економічної моделі.

Окремою проблемою є врахування невизначеності вхідних даних. Класичні моделі лінійного програмування часто передбачають точні вхідні параметри, тоді як у реальній економіці дані мають похибки чи інтервали можливих значень. Існують методи використання інтервальних підходів, які дозволяють моделювати неточність та отримувати діапазон можливих результатів, що підвищує надійність аналітичних висновків [3,4].

Крім математичних аспектів, важливими є організаційно-економічні питання впровадження автоматизованих систем. Ефективне впровадження автоматизації можливе лише за умови адаптації бізнес-процесів, стандартизації інформаційних потоків і забезпечення взаємодії між різними рівнями управління [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика автоматизації економічного моделювання перебуває на перетині економіко-математичних методів, бізнес-аналітики та інформаційних систем. У сфері формалізації бізнес-процесів систематичний огляд Г. Ернандеса показує, що більшість сучасних інструментів автоматичного генерування моделей орієнтовані на відтворення послідовності операцій, але не охоплюють побудову повноцінних економічних моделей із параметрами витрат та обмеженнями [2]. Подібні висновки містяться і в роботах з процесного менеджменту [8], де наголошується на важливості структурної формалізації процесів як передумови їх подальшої автоматизації.

Важливим напрямом сучасних досліджень є моделювання з урахуванням невизначеності. Одні роботи доводять ефективність використання інтервальної арифметики у випадках, коли дані є неповними або неточними [3,4], інші – формують узагальнений огляд методів роботи з невизначеністю, що підкреслює необхідність їх застосування в автоматизованих економічних моделях [10].

У роботі Д. Асемоглу підкреслено, що автоматизація аналітичних процесів можлива лише за умови поєднання математичних моделей із

алгоритмічними процедурами, що забезпечують коректне відображення економічної логіки [1], тоді як у сфері інформаційних систем управління М. Ворнов [5] звертає увагу на потребу інтеграції економічних моделей у корпоративні інформаційні системи, що забезпечує узгодженість даних і аналітичних результатів. Аналогічні висновки містяться у роботах інших авторів, які підкреслили важливість поєднання економічних моделей із IT-архітектурою підприємства [9,12].

Українські дослідники зосереджуються на методах оптимізації та моделювання управлінських процесів, однак здебільшого в ручному або частково автоматизованому форматі [6,7]. Питання комплексної автоматизації побудови моделей розглядається фрагментарно, що підтверджує існування наукової прогалини. Окрему увагу використуванню моделювання в архітектурах підприємств приділяє Баржіс [13].

Узагальнюючи, існуючі дослідження розвивають окремі аспекти автоматизації моделювання – інтервальні підходи, моделювання процесів, інтеграцію з інформаційними системами. Проте відсутня цілісна методологія, що об'єднує математичні принципи, обробку невизначеності та засоби програмної реалізації, що визначає актуальність подальших досліджень.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування та розроблення підходу до автоматизації процесу побудови економічних моделей бізнес-процесів, що передбачає визначення вимог до структури моделі, урахування невизначеності вхідних даних, формування принципів її програмної реалізації та побудову алгоритму, який забезпечує застосування моделі для підтримки управлінських рішень на підприємстві.

Виклад основного матеріалу. Для демонстрації можливостей автоматизації розглянемо типовий виробничо-логістичний бізнес-процес підприємства, що включає три етапи:

1. закупівля сировини;
2. виробництво продукції;
3. реалізація готового товару.

Кожен етап має власні ресурси, витрати, тривалість і обмеження. У традиційній практиці побудова економічної моделі такого процесу виконується вручну – економіст формує систему обмежень, визначає цільову функцію та задає параметри витрат. Такий підхід є трудомістким і залежить від кваліфікації спеціаліста. Запропонований підхід передбачає структурований опис процесу, який система може автоматично перетворювати на економічну модель оптимізації.

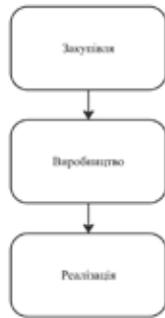


Рис. 1. Структурна схема бізнес-процесу

Для автоматизації процес подається у вигляді табличної структури, де кожна операція характеризується:

- ресурсами, які вона використовує;
- нормами споживання ресурсів;
- витратами;
- виробничою потужністю;
- зв'язками з іншими операціями.

Ця структура може бути подана у вигляді JSON-файлу, таблиці чи об'єкта бази даних.

На основі продукції, яка виходить із процесу, розраховується розмір прибутку:

$$\max Z = p \cdot x - \sum_{i=1}^n c_i \cdot u_i$$

де:

- x – обсяг виробленої продукції;
- p – ціна;
- u_i – обсяг використання ресурсів;
- c_i – їх вартість.

Система автоматично підставляє значення c_i , виявлені у структурі процесу.

Система обмежень необхідна для того, щоб економічна модель відображала реальні умови роботи бізнес-процесу. Без обмежень оптимізація давала б нереальні результати, адже не враховувала б ліміти ресурсів, потужностей чи попиту. Обмеження задають межі використання сировини, часу та обладнання, забезпечують логічну послідовність операцій і роблять рішення моделі практично здійсненним. В автоматизованому моделюванні саме алгоритм формує ці обмеження на основі структурованого опису процесу, що гарантує коректні взаємозв'язки між змінними та узгодженість усієї моделі для подальшої оптимізації.

Алгоритм створює обмеження на основі:

- норм споживання ресурсів:
 $u_i = a_i \cdot x$
- доступних ресурсів:
 $u_i \leq R_i$
- потужності виробництва:
 $x \leq P$

Користувач не формує обмежень вручну – їх генерує система.

Нижче наведено узагальнений алгоритм

Вхідні дані – система отримує структурований опис бізнес-процесу (таблиця або JSON).

Виявлення елементів моделі

- визначення ресурсів;
- визначення норм;
- пошук вихідних операцій;
- встановлення послідовності.

Генерація змінних моделі

- змінні виробництва;
- змінні ресурсів;
- логічні залежності.

Побудова цільової функції – на основі операції “продаж” або економічної мети.

Генерація обмежень – на основі ресурсів, потужностей та логічних зв'язків.

Формування задачі оптимізації – економічна модель представлена у вигляді:

$$\max Z, Ax \leq b, x \geq 0.$$

Розв'язання моделі – може використовуватися будь-який ЛП-солвер (Simplex, Interior-Point).



Рис. 2. Схема алгоритму автоматизованої побудови моделі

Таблиця 1

Структурований опис поданий у вигляді таблиці

Операція	Ресурс	Норма	Вартість	Потужність	Тип зв'язку
Закупівля	Сировина	q_1	c_1	–	вхід
Виробництво	Сировина/Час	q_2/q_3	c_2	P	обробка
Продаж	Готова продукція	1	–	–	вихід

Висновки. У статті розглянуто підхід до автоматизації процесу побудови економічних моделей бізнес-процесів на основі їх структурованого опису. Показано, що такий підхід дозволяє формувати цільову функцію та систему обмежень автоматично, без ручного втручання, що суттєво зменшує трудомісткість моделювання та ризик помилок. Запропонований алгоритм забезпечує перетворення елементів бізнес-процесу – ресурсів, норм, витрат і логічних зв'язків – у формалізовану модель

оптимізації. Наведений приклад довів, що автоматична генерація моделі дозволяє оперативнотримувати коректні рішення та оцінювати вплив зміни вхідних параметрів. Отримані результати підтверджують перспективність використання автоматизованих підходів під час підтримки управлінських рішень на підприємствах. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення алгоритму для складніших типів моделей та інтеграцію з інформаційними системами підприємства.

Список літератури:

1. Acemoglu D. Modeling Automation. NBER Working Paper No. 29234. Cambridge, 2021. 47 p.
2. Hernández R., García J., Pérez A. Automatic Business Process Model Generation: A Systematic Literature Review. *Journal of Systems and Software*. 2024. Vol. 210. Article 112045.
3. Jerrell M. E. Interval Arithmetic for Input–Output Models with Inexact Data. *Economic Modelling*. 2019. Vol. 82. P. 188–197.
4. Solomon S. L., Fang L. Uncertainty in Economic Simulation Models: An Interval Approach. *Journal of Computational Economics*. 2020. Vol. 56. No. 3. P. 455–468.
5. Wornow M., Das D., Rajpurkar P. Automating the Enterprise with Foundation Models. *Proceedings of the VLDB Endowment*. 2023. Vol. 17. No. 5. P. 1–14.
6. Тарасюк Г. М. Моделювання бізнес-процесів в управлінні підприємством. Житомир, 2016. 280 с.
7. Івахненко С. В. Економіко-математичне моделювання. Київ, 2010. 312 с.
8. Becker J., Kugeler M., Rosemann M. Process Management: A Guide for the Design of Business Processes. Berlin, 2013. 412 p.
9. Marjanovic O., Bandara W. Business Process Analytics: A Review and Future Directions. *Information Systems and e-Business Management*. 2021. Vol. 19. P. 1–26.
10. Khosravi A., Nahavandi S. Comprehensive Review of Uncertainty Modeling in Optimization. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2018. Vol. 70. P. 21–45.
11. Davenport T., Redman T. The Rise of Analytics Automation. *MIT Sloan Management Review*. 2020. Vol. 61. No. 2. P. 1–10.
12. Rozanova L., Makarenko V. Modelling and Optimization of Enterprise Processes Using Integrated Information Systems. *Economic Cybernetics*. 2020. Vol. 4. No. 2. P. 44–53.
13. Barjis J. Simulation Modeling in Enterprise Architectures. *Business Process Management Journal*. 2015. Vol. 21. No. 2. P. 250–268.

Yunak D.A., Tsapar V.S. METHODOLOGY FOR AUTOMATING THE CONSTRUCTION OF ECONOMIC MODELS OF BUSINESS PROCESSES

The article examines the methodological foundations, conceptual approaches, and practical aspects of automating the construction of economic models of business processes in modern enterprises. The study emphasizes the growing importance of digital transformation, the need to accelerate analytical procedures, and the optimization of managerial decision-making processes under conditions of uncertainty, intense competition, and dynamic changes in the market environment. Current trends and research directions in the fields of economic and mathematical modeling, business process automation, application of information technologies, and integration of software systems into enterprise structures are analyzed.

A generalized, structured methodology is proposed that integrates the main stages of economic model development—from problem formulation, data collection and preprocessing to mathematical formalization, algorithm design, computer-based automation of modeling, and subsequent validation of the obtained results. Special attention is given to the use of interval economic models, optimization methods, and computational procedures that make it possible to account for uncertainty in input parameters, improve forecasting accuracy, and conduct a comprehensive evaluation of alternative managerial strategies.

The article highlights the importance of applying modern software tools and platforms that ensure automated model generation, scenario analysis, and integration with existing enterprise information systems. The results obtained indicate that the implementation of automation significantly reduces the labor intensity of the modeling process, shortens time costs, and increases the accuracy, reproducibility, and objectivity of analytical assessments. The proposed approach contributes to the development of adaptive decision support systems capable of promptly responding to changes in external and internal factors, thereby strengthening the strategic and tactical capabilities of enterprises.

The study makes a substantial contribution to the formation of theoretical and applied foundations for the digitalization of business processes and opens prospects for the further implementation of intelligent technologies in economic modeling. Future research may focus on deepening the integration of artificial intelligence, machine learning, and predictive analytics methods to further advance automated enterprise management systems.

Key words: automation, economic model, business process, methodology, information system.

Дата надходження статті: 24.11.2025

Дата прийняття статті: 11.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025