

О. М. ШИБКО

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри комп'ютерних наук, інформаційних технологій  
та прикладної математики  
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»  
Українського державного університету науки і технологій  
ORCID: 0000-0001-5894-0642

С. Ю. ШАФОРЕНКО

викладач кафедри інформаційних технологій  
ПЗВО «Харківський технологічний університет «ШАГ»  
ORCID: 0009-0009-6677-8548

А. В. АВРЯТА

викладач кафедри інформаційних технологій  
ПЗВО «Харківський технологічний університет «ШАГ»  
ORCID: 0000-0002-5100-2298

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДОЛОГІЙ ПРОЄКТУВАННЯ ІС: UML, BPMN, ARCHIMATE

Дослідження спрямоване на комплексний порівняльний аналіз трьох провідних методологій проектування інформаційних систем – UML (Unified Modeling Language), BPMN (Business Process Model and Notation) та ArchiMate – з метою виявлення їхніх функціональних можливостей, технологічних переваг, обмежень та оптимальних сфер застосування в сучасній практиці розробки програмного забезпечення та моделювання архітектури підприємства. **Наукова новизна.** Вперше здійснено систематизований порівняльний аналіз найновіших досліджень щодо автоматизації UML-моделювання з використанням штучного інтелекту, розширень BPMN для специфічних галузевих застосувань та методологічних підходів ArchiMate до оцінювання стійкості систем. Запропоновано класифікаційну модель критеріїв вибору методології проектування залежно від рівня абстракції, складності системи та галузевої специфіки проєкту. **Результати.** Встановлено, що UML залишається найбільш універсальною мовою для детального технічного моделювання програмних систем, BPMN демонструє переваги в описі бізнес-процесів та їх автоматизації, тоді як ArchiMate забезпечує найвищий рівень інтеграції між бізнес-архітектурою, додатками та технологічною інфраструктурою. Виявлено тенденції інтеграції штучного інтелекту в автоматизацію UML-діаграм, розширення функціоналу BPMN для промислового інтернету речей та застосування ArchiMate для аналізу стійкості складних систем. **Висновки.** Результати дослідження підтверджують, що вибір методології проектування має базуватися на специфічних цілях проєкту: UML оптимальний для програмної інженерії та об'єктно-орієнтованого аналізу, BPMN – для моделювання та оптимізації бізнес-процесів, ArchiMate – для комплексного архітектурного планування підприємства. Перспективи подальших досліджень включають розробку гібридних методологій та інтелектуальних систем підтримки вибору нотацій моделювання.

**Ключові слова:** UML, BPMN, ArchiMate, моделювання інформаційних систем, архітектура підприємства.

О. М. SHYBKO

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Computer Science,  
Information Technology and Applied Mathematics  
SEI "Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture"  
of Ukrainian State University of Science and Technologies  
ORCID: 0000-0001-5894-0642

S. YU. SHAFORENKO

Lecturer at the Department of Information Technology  
PHEI "Kharkiv University of Technology "STEP"  
ORCID: 0009-0009-6677-8548



A. V. AVRIATA

Lecturer at the Department of Information Technology  
PHEI "Kharkiv University of Technology "STEP"  
ORCID: 0000-0002-5100-2298

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN IS DESIGN METHODOLOGIES: UML, BPMN, ARCHIMATE

The research goal is to perform a thorough comparative analysis of 3 top information systems design methods namely UML (Unified Modeling Language), BPMN (Business Process Model and Notation), ArchiMate to discover their functional capability, technological advantage, drawback, and the best application to the current software development engaged and enterprise architecture modeling. The investigation considers latest developments of AI-driven UML automation, BPMN extensions for special industrial purposes, ArchiMate approaches for system resilience evaluation. **Scientific novelty.** For the first time, a systematized comparative analysis of the latest research on UML modeling automation using artificial intelligence, BPMN extensions for specific industry applications, and ArchiMate methodological approaches to systems resilience assessment have been conducted. A classification model of design methodology selection criteria has been proposed based on abstraction level, system complexity, and project-specific industry requirements. The research establishes novel connections between emerging technologies such as visual question answering techniques for diagram complexity analysis and role-based BPMN extensions. **Results.** It has been established that UML remains the most universal language for detailed technical modeling of software systems, BPMN demonstrates advantages in business process description and automation, while ArchiMate provides the highest level of integration between business architecture, applications, and technological infrastructure. Trends have been identified in the integration of artificial intelligence into UML diagram automation, expansion of BPMN functionality for industrial Internet of Things applications, and application of ArchiMate for analyzing the resilience of complex systems. The research shows how machine-learning capability, formal verification paradigms and extensions to these are increasingly incorporated into contemporary methodologies. **Conclusions.** The results of the research support the conclusion that the selection of design methodology depends on the desired project goals: the best choice of a UML (unified process language) for software engineering and object-oriented analysis, BPMN (business process modeling and optimization) and ArchiMate (enterprise architecture) for enterprises. Future research perspectives are the development of methodologies for hybrid approaches and intelligent support systems in the selection of modeling notations depending on project characteristics and organizational requirements.

**Key words:** UML, BPMN, ArchiMate, information systems modeling, enterprise architecture

### Постановка проблеми

Сучасний стан практики проектування інформаційних систем характеризується динамічним зростанням складності архітектурних рішень що обумовлює необхідність інтеграції різнорідних програмних та апаратних компонентів в умовах підвищених вимог до якості документування проектних рішень на всіх етапах життєвого циклу розробки. У контексті перманентної цифрової трансформації бізнес-процесів підприємств різних галузей економіки актуалізується критична потреба у формалізованих методологіях концептуального моделювання, які б забезпечували ефективну комунікацію між зацікавленими сторонами проекту, підтримували множинні рівні абстракції від бізнес-процесів до технічної реалізації та уможливлювали автоматизацію процесів верифікації та валідації прийнятих проектних рішень відповідно до встановлених архітектурних обмежень та якісних атрибутів систем. Три провідні методології концептуального моделювання – UML (Unified Modeling Language) для об'єктно-орієнтованого проектування програмних систем, BPMN (Business Process Model and Notation) для формалізації бізнес-процесів та ArchiMate для опису корпоративної архітектури підприємства – сформувалися як міжнародні стандарти де-факто в різних предметних сферах проектування інформаційних систем, проте їхнє систематичне порівняльне дослідження залишається науково актуальним з огляду на постійний еволюційний розвиток функціональних можливостей нотацій, появу нових профільних розширень для специфічних предметних областей та активну інтеграцію з технологіями штучного інтелекту і машинного навчання для автоматизації процесів моделювання та аналізу якості архітектурних рішень.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження в галузі методологій проектування інформаційних систем демонструють інтенсивний розвиток автоматизованих підходів та розширення функціональних можливостей традиційних нотацій моделювання.

Yang X., Cui R., Xie X. [1, с. 145] представили AI-фреймворк для автоматизованої генерації UML-діаграм класів та послідовностей із текстових специфікацій вимог, що скорочує час проектування інформаційних систем та мінімізує помилки моделювання компонентів.

Wang C., Wang B., Liang P., Liang J. [2, с. 112710] дослідили застосування GPT для автоматизованого оцінювання якості UML-діаграм, виявивши перспективи верифікації коректності проектних рішень інформаційних систем.

Shehzadi N., Ferzund J., Fatima R., Riaz A. [3, с. 23] запропонували технології візуального відповідання на запитання для кількісного аналізу складності UML-діаграм класів та прогнозування проблем у розробці на етапі проектування інформаційних систем.

Benkeltoum N. [4, с. 2] продемонстрував ефективність ArchiMate для документування архітектури інформаційних систем підприємства та візуалізації взаємозв'язків між бізнес-процесами, додатками та технологічною інфраструктурою.

Skouti T., Seiger R., Furrer F. J., Strahninger S. [5, с. 1376] створили розширення BPMN із концепцією ролей (RBPMN), що підвищує виразність моделювання організаційних структур при проектуванні інформаційних систем.

Zhang H., Matsubara Y. [6, с. 328] розробили ArchiMate-підхід для оцінювання стійкості складних інформаційних систем через аналіз критичних залежностей між компонентами на етапі проектування.

Dias M. H. B. [7, с. 4457] виявив синергетичні ефекти інтеграції BPMN та UML для різних рівнів деталізації проектною документації інформаційних систем.

Ben Hassen M., Gargouri F. [8, с. 3] запропонували методологію EM-BPMN4SBP для специфікації вимог конфіденційності та безпеки даних у чутливих бізнес-процесах при проектуванні інформаційних систем.

Kräuter T., Rutle A., König H., Lamo Y. [9, с. 5] розробили формалізацію BPMN через системи трансформації графів вищого порядку для математично строгої верифікації коректності моделей бізнес-процесів на етапі проектування інформаційних систем.

Kang G., Cheng H., Liu J., Wen Y., Peng J. [10, с. 814] представили розширення BPMN4IIoT для моделювання промислового інтернету речей, адаптуючи нотацію до розподілених систем із потоками даних реального часу в архітектурі інформаційних систем.

#### Формулювання мети дослідження

Мета дослідження полягає у здійсненні систематичного порівняльного аналізу методологій UML, BPMN та ArchiMate з точки зору їхнього застосування в проектуванні інформаційних систем, виявлення виразних можливостей, технологічних характеристик, сфер оптимального застосування та перспектив інтеграції з сучасними технологіями автоматизації проектування.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

UML являє собою стандартизовану мову візуального моделювання для специфікації та документування артефактів програмних систем. Yang X., Cui R., Xie X. [1, с. 146] реалізують AI-генерацію діаграм через лексичний аналіз вимог, семантичну ідентифікацію класів та синтезування діаграм із дотриманням UML 2.5. Wang C., Wang B., Liang P., Liang J. [2, с. 112711] демонструють точність GPT-систем 87 % у ідентифікації антипатернів проектування. Shehzadi N., Ferzund J., Fatima R., Riaz A. [3, с. 24] визначають метрики складності через кардинальність класів, глибину ієрархії, щільність зв'язків та циклічні залежності для ідентифікації проблемних фрагментів архітектури. UML охоплює структурні діаграми (класів, компонентів, розгортання) та поведінкові діаграми (послідовностей, діяльності).

BPMN спеціалізується на моделюванні бізнес-процесів. RBPMN Skouti T., Seiger R., Furrer F. J., Strahninger S. [5, с. 1378] специфікує відповідальності та повноваження учасників для міжорганізаційних workflows. EM-BPMN4SBP Ben Hassen M., Gargouri F. [8, с. 4] інтегрує вимоги безпеки через стереотипи для конфіденційних даних та механізмів аутентифікації. Kräuter T., Rutle A., König H., Lamo Y. [9, с. 7] формалізують BPMN для верифікації досяжності станів, відсутності дедлоків та живості процесів. BPMN4IIoT Kang G., Cheng H., Liu J., Wen Y., Peng J. [10, с. 816] адаптує нотацію для фізичних пристроїв, сенсорних потоків та темпоральних обмежень Індустрії 4.0. Dias M. H. B. [7, с. 4459] комбінує BPMN для бізнес-процесів із UML для програмних компонентів, забезпечуючи трасованість від бізнес-рівня до імплементації.

ArchiMate моделює архітектуру підприємства. Benkeltoum N. [4, с. 3] візуалізує взаємозв'язки між стратегічними цілями, процесами та технологічними рішеннями. Zhang H., Matsubara Y. [6, с. 329] оцінюють стійкість через матриці залежностей та топологічний аналіз графів для ризиків каскадних відмов. ArchiMate структурує архітектуру у три шари: бізнес-шар, шар додатків, технологічний шар для аналізу впливу рішень на бізнес-цілі.

Для систематизації застосування методологій у різних фазах проектування інформаційних систем представлено порівняльну таблицю їхніх характеристик.

Як свідчить таблиця 1, методології суттєво відрізняються за рівнем деталізації проектування інформаційних систем, формальністю та можливостями автоматичного виконання моделей, що обумовлює їх застосування для різних фаз життєвого циклу проектування інформаційних систем.

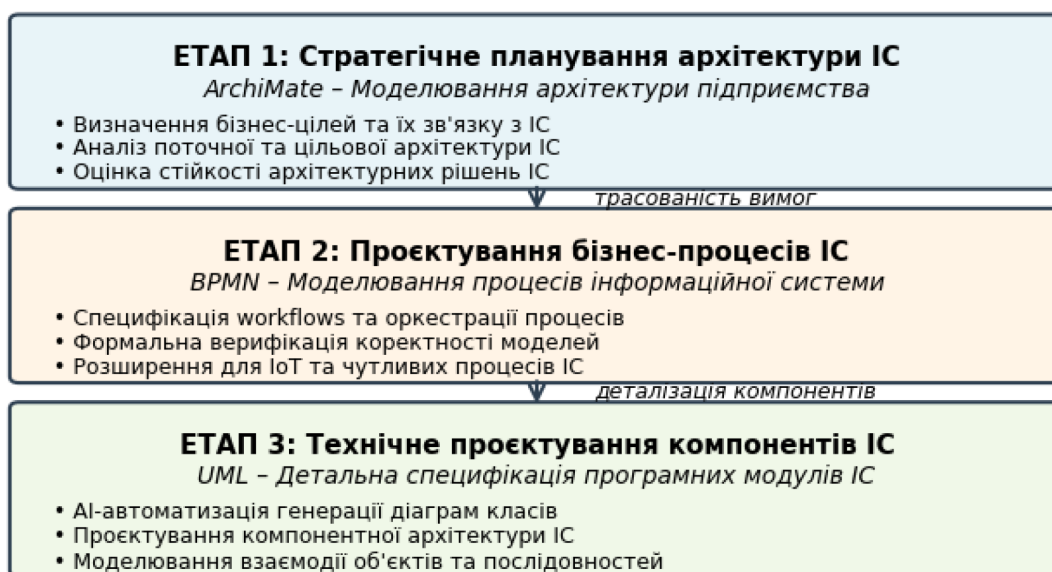
Для візуалізації інтеграції методологій у процесі проектування інформаційних систем представлено концептуальну модель їх застосування на різних етапах.

Як видно з рисунка 1, трирівнева модель інтеграції методологій забезпечує послідовну трасованість у проектуванні інформаційних систем від стратегічного бізнес-рівня через моделювання процесів до технічного

Таблиця 1

**Порівняльний аналіз застосування методологій UML, BPMN та ArchiMate у проєктуванні інформаційних систем**

Характеристика	UML	BPMN	ArchiMate
Рівень проєктування	Детальне технічне проєктування компонентів	Проєктування бізнес-процесів	Стратегічне архітектурне проєктування
Фокус моделювання	Програмні класи та компоненти ІС	Потоки операцій та події ІС	Цілісна архітектура підприємства
Підтримка виконання	Генерація коду з моделей	Трансформація в BPEL	Концептуальне планування
Автоматизація проєктування	AI-генерація діаграм	Формальна верифікація моделей	Аналіз стійкості архітектури
Типові артефакти проєктування	Діаграми класів, компонентів, послідовностей	Діаграми процесів, оркестрації	Діаграми шарів архітектури
Інтеграція в SDLC	Аналіз, проєктування, реалізація	Моделювання вимог, проєктування	Попереднє проєктування, планування



**Рис. 1. Модель інтеграції методологій UML, BPMN та ArchiMate у процесі проєктування інформаційних систем**

Джерело: авторська розробка в Google Colab

проєктування компонентів, де кожна методологія оптимально застосовується на відповідному етапі проєктування інформаційної системи.

AI-автоматизація UML-моделювання забезпечує приріст продуктивності на 40–60 % Yang X., Cui R., Xie X. [1, с. 147], однак вимагає експертної валідації для складних архітектурних патернів. Wang C., Wang B., Liang P., Liang J. [2, с. 112712] виявляють обмеження великих мовних моделей у семантичній верифікації для високоспецифічних областей. Shehzadi N., Ferzund J., Fatima R., Riaz A. [3, с. 25] встановлюють кореляцію між метриками складності UML-діаграм та трудомісткістю імплементації для прогностичного планування проєктів.

RBPMN Skouti T., Seiger R., Furrer F. J., Strahninger S. [5, с. 1380] забезпечує моделювання динамічного розподілу відповідальностей для адаптивних систем. EM-BPMN4SBP Ben Hassen M., Gargouri F. [8, с. 5] інтегрує вимоги безпеки для ідентифікації вразливостей. Формалізація BPMN Kräuter T., Rutle A., König H., Lamo Y. [9, с. 9] забезпечує генерацію тестових сценаріїв із повним покриттям. BPMN4IIoT Kang G., Cheng H., Liu J., Wen Y., Peng J. [10, с. 818] моделює асинхронні архітектури для промислового інтернету речей.

Benkeltoum N. [4, с. 4] демонструє ArchiMate для трасування зв'язків між технологічними рішеннями та бізнес-результатами. Zhang H., Matsubara Y. [6, с. 330] розробляють метрики стійкості для кількісного оцінювання ризиків відмови. Dias M. H. B. [7, с. 4461] аргументує, що гібридний підхід BPMN-UML забезпечує трасованість вимог від бізнес-рівня до імплементації.

**Висновки**

Проведений порівняльний аналіз методологій UML, BPMN та ArchiMate підтверджує їхню комплементарність у проєктуванні інформаційних систем залежно від специфічних фаз та цілей проєктування.

UML залишається найбільш універсальною мовою для технічного проєктування програмного забезпечення інформаційних систем, забезпечуючи спектр діаграм від високорівневих концептуальних моделей до

низькорівневих специфікацій компонентів. AI-інтеграція демонструє приріст продуктивності проектування на 40–60 %, проте вимагає експертної валідації складних архітектурних патернів.

BPMN оптимальний для проектування бізнес-процесів інформаційних систем завдяки інтуїтивній нотації та трансформації в виконувани специфікації BPEL. Розширення для промислового інтернету речей (BPMN4IoT) та чутливих процесів (EM-BPMN4SBP) адаптують методологію до специфічних галузевих застосувань. Формалізація через системи трансформації графів забезпечує математично строгу верифікацію коректності проєктних моделей процесів.

ArchiMate забезпечує найвищий рівень інтеграції між бізнес-архітектурою, додатками та технологічною інфраструктурою, дозволяючи створювати цілісне представлення архітектури підприємства. Метрики стійкості на основі топологічного аналізу графів залежностей дозволяють кількісно оцінювати ризики відмови інформаційних систем на етапі проєкування.

Гібридні підходи, що комбінують методології на відповідних рівнях абстракції (ArchiMate для стратегічного планування, BPMN для процесів, UML для технічної специфікації), демонструють найбільшу ефективність для складних проєктів інформаційних систем. Перспективи досліджень включають розробку інтелектуальних систем підтримки вибору методології, створення уніфікованих репозиторіїв для трасованості між нотаціями та застосування формальних методів верифікації архітектурних моделей інформаційних систем.

### Список використаної літератури

1. Yang X., Cui R., Xie X. AI-Driven Automated UML Modeling Framework Design and Practice. 2025 IEEE 5th International Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence (SEAI). 2025. P. 144–148. DOI: <https://doi.org/10.1109/seai65851.2025.11108780> URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/11108780>
2. Wang C., Wang B., Liang P., Liang J. Assessing UML diagrams by GPT: Implications for education. *Journal of Systems and Software*. 2026. Vol. 234. Art. 112709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2025.112709> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0164121225003784>
3. Shehzadi N., Ferzund J., Fatima R., Riaz A. Automatic Complexity Analysis of UML Class Diagrams Using Visual Question Answering (VQA) Techniques. *Software*. 2025. Vol. 4, no. 4. Art. 22. DOI: <https://doi.org/10.3390/software4040022> URL: <https://www.mdpi.com/2674-113X/4/4/22>
4. Benkeltoum N. Modelling using ArchiMate language: A case study. *Journal of Information Technology Teaching Cases*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/20438869251349223> URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20438869251349223>
5. Skouti T., Seiger R., Furrer F. J., Strahinger S. RBPMN: the value of roles for business process modeling. *Software and Systems Modeling*. 2024. Vol. 23, no. 6. P. 1375–1406. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10270-024-01202-z> URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10270-024-01202-z>
6. Zhang H., Matsubara Y. ArchiMate-Based System of Systems Resilience Evaluation Approach. *Systems*. 2025. Vol. 13, no. 5. Art. 327. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems13050327> URL: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/5/327>
7. Dias M. H. B. Gerenciamento de processos de negócios: estudo de caso da integração entre BPMN e UML. *International Journal of Scientific Management and Tourism*. 2023. Vol. 9, no. 7. P. 4456–4476. DOI: <https://doi.org/10.55905/ijsmvtv9n7-025> URL: <https://ojs.scientificmanagementjournal.com/ojs/index.php/smj/article/view/658>
8. Ben Hassen M., Gargouri F. EM-BPMN4SBP: a BPMN extension methodology for sensitive business process specification. *Journal of Modelling in Management*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1108/jm2-06-2024-0185> URL: <https://www.emerald.com/jm2/article-abstract/doi/10.1108/JM2-06-2024-0185/1268851/EM-BPMN4SBP-a-BPMN-extension-methodology-for?redirectedFrom=fulltext>
9. Kräuter T., Rutle A., König H., Lamo Y. A higher-order transformation approach to the formalization and analysis of BPMN using graph transformation systems. *Logical Methods in Computer Science*. 2024. Vol. 20, iss. 4. DOI: [https://doi.org/10.46298/lmcs-20\(4:4\)2024](https://doi.org/10.46298/lmcs-20(4:4)2024) URL: <https://lmcs.episciences.org/14410>
10. Kang G., Cheng H., Liu J., Wen Y., Peng J. Business Process Modeling for Industrial Internet Application via BPMN Extension. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2025. Vol. 22. P. 813–829. DOI: <https://doi.org/10.1109/tase.2024.3354929> URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10483056>

### References

1. Yang, X., Cui, R., & Xie, X. (2025). AI-Driven Automated UML Modeling Framework Design and Practice. In *2025 IEEE 5th International Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence (SEAI)* (pp. 144–148). doi: 10.1109/SEAI65851.2025.11108780 Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/11108780> [in English].
2. Wang, C., Wang, B., Liang, P., & Liang, J. (2026). Assessing UML diagrams by GPT: Implications for education. *Journal of Systems and Software*, 234, Article 112709. doi: 10.1016/j.jss.2025.112709 Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0164121225003784> [in English].

3. Shehzadi, N., Ferzund, J., Fatima, R., & Riaz, A. (2025). Automatic Complexity Analysis of UML Class Diagrams Using Visual Question Answering (VQA) Techniques. *Software*, 4 (4), Article 22. doi: 10.3390/software4040022 Retrieved from <https://www.mdpi.com/2674-113X/4/4/22> [in English].
4. Benkeltoum, N. (2025). Modelling using ArchiMate language: A case study. *Journal of Information Technology Teaching Cases*. doi: 10.1177/20438869251349223 Retrieved from <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20438869251349223> [in English].
5. Skouti, T., Seiger, R., Furrer, F. J., & Strahringer, S. (2024). RBPMN: the value of roles for business process modeling. *Software and Systems Modeling*, 23 (6), 1375–1406. doi: 10.1007/s10270-024-01202-z Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10270-024-01202-z> [in English].
6. Zhang, H., & Matsubara, Y. (2025). ArchiMate-Based System of Systems Resilience Evaluation Approach. *Systems*, 13(5), Article 327. doi: 10.3390/systems13050327 Retrieved from <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/5/327> [in English].
7. Dias, M. H. B. (2023). Gerenciamento de processos de negócios: estudo de caso da integração entre BPMN e UML. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 9(7), 4456–4476. doi: 10.55905/ijsmtv9n7-025 Retrieved from <https://ojs.scientificmanagementjournal.com/ojs/index.php/smj/article/view/658> [in Portuguese].
8. Ben Hassen, M., & Gargouri, F. (2025). EM-BPMN4SBP: a BPMN extension methodology for sensitive business process specification. *Journal of Modelling in Management*. doi: 10.1108/JM2-06-2024-0185 Retrieved from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JM2-06-2024-0185/full/html> [in English].
9. Kräuter, T., Rutle, A., König, H., & Lamo, Y. (2024). A higher-order transformation approach to the formalization and analysis of BPMN using graph transformation systems. *Logical Methods in Computer Science*, 20(4), Article 4. doi: 10.46298/lmcs-20(4:4)2024 Retrieved from <https://lmcs.episciences.org/14410> [in English].
10. Kang, G., Cheng, H., Liu, J., Wen, Y., & Peng, J. (2025). Business Process Modeling for Industrial Internet Application via BPMN Extension. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 22, 813–829. doi: 10.1109/TASE.2024.3354929 Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/10483056> [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 13.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.04.2026