

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ В ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В умовах цифровізації економіки підприємства стикаються з необхідністю переосмислення підходів до управління бізнес-процесами. Традиційні якісні методи аналізу поступаються місцем кількісним моделям, здатним відображати динамічну природу цифрового середовища та забезпечувати обґрунтованість управлінських рішень. Математичне моделювання виступає інструментом, що поєднує аналітичну точність із практичною орієнтованістю.

Сучасний стан досліджень у цій сфері демонструє зміщення акцентів від статичних описових моделей до динамічних імітаційних систем. Застосування апарату теорії масового обслуговування дозволяє моделювати бізнес-процеси через розрахунок таких ключових показників, як коефіцієнт завантаження, середня кількість завдань у системі та час очікування. Такий підхід забезпечує можливість оптимізації розподілу ресурсів і мінімізації операційних затримок - критично важливих параметрів для цифрових бізнес-середовищ [1].

Паралельно розвивається напрям інтеграції машинного навчання з імітаційним моделюванням. У сфері управління бізнес-процесами застосування ШІ та МН дало суттєві покращення через використання операційних даних щодо показників процесів - зокрема в напрямках аналізу процесної інформації та вдосконалення процесів на основі здобутих аналітичних висновків. Це свідчить про формування нового класу гібридних моделей, що поєднують переваги дедуктивного та індуктивного підходів [2].

Особливої актуальності набуває метод data-driven simulation (DDS), в якому моделі імітації бізнес-процесів автоматично вилучаються з журналів подій за допомогою технік process mining, а глибоке навчання додає темпоральну точність, якої не вдається досягти виключно засобами детерміністичних моделей. Такий підхід дозволяє здійснювати аналіз «що якщо» для оцінювання наслідків управлінських рішень ще до їх практичного впровадження [3].

Важливим напрямом є також адаптація моделей до мінливих умов у реальному часі. Поточна імітація бізнес-процесів, що інтегрує інкрементальне відкриття процесів з методами онлайн-навчання, надає пріоритет актуальним даним, зберігаючи при цьому історичну інформацію,

що забезпечує адаптацію до еволюції процесної динаміки та стійкість до концептуального дрейфу [4].

З практичного погляду, результати впровадження моделей, що інтегрують ШІ та аналітику великих даних, є переконливими: експериментальна валідація в умовах реальних підприємств демонструє скорочення часу виконання процесів на 42%, підвищення ефективності використання ресурсів на 28% та зниження операційних витрат на 35% [5].

На рівні показників ефективності спостерігається перехід до «розумних» КРІ. Методи, що поєднують статистику, машинне навчання та штучний інтелект, дозволяють розширити традиційні КРІ засобами автоматизації на основі даних, надаючи їм гнучкості, необхідної для адаптації до змін у персоналі, підрозділах та бізнес-функціях [6].

Отже, математичне моделювання динаміки бізнес-процесів у цифровому середовищі формується як самостійний міждисциплінарний напрям на перетині теорії управління, прикладної математики та комп'ютерних наук. Перспективи подальших досліджень пов'язані з побудовою інтегрованих модельних комплексів, що охоплюють увесь цикл управління бізнес-процесами - від їх виявлення та моделювання до симуляції, оптимізації та моніторингу в режимі реального часу. Практичне значення таких моделей для вітчизняних підприємств визначається їх здатністю забезпечити науково обґрунтовану основу для прийняття рішень у середовищі цифрової трансформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев Д., Золотко К. Моделирование бизнес-процессов ИТ-проектов за допомогою теорії черг. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки*. 2025. (28). DOI: <https://doi.org/10.32626/2308-5878.2025-28.5-16>
2. Meneghello F. et al. Runtime Integration of Machine Learning and Simulation for Business Processes: Time and Decision Mining Predictions. *Information Systems*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICPM60904.2023.10271993>
3. Camargo M., Dumas M., González-Rojas O. Learning Accurate Business Process Simulation Models from Event Logs via Automated Process Discovery and Deep Learning. arXiv preprint. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2103.11944>
4. Online Discovery of Simulation Models for Evolving Business Processes. arXiv preprint. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2506.10049>
5. A Research on Business Process Optimisation Model Integrating AI and Big Data Analytics. arXiv preprint. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2511.08934>
6. Adoption of Data-Driven Automation Techniques to Create Smart Key Performance Indicators for Business Optimization. *Applied System Innovation*. 2025. Vol. 8 (1). DOI: <https://doi.org/10.3390/asi8010010>