

УДК 658.5:004.9:338.24

DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.80-65>

Андрухів І.Т.

аспірант

Національний університет «Львівська політехніка»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0031-9933>

Русин-Гриник Р.Р.

PhD, доцент кафедри підприємництва та

екологічної експертизи товарів

Національний університет «Львівська політехніка»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2895-6437>

Andruhiv Ihor

Postgraduate Student

Lviv Polytechnic National University

Rusyn-Hrynyk Roman

PhD, Associate Professor of the Department of

Entrepreneurship and Environmental Expertise of Goods

Lviv Polytechnic National University

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСФОРМАЦІЇ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ

OPTIMIZATION OF THE TRANSFORMATION PROCESS OF ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CONTEXT OF IT TECHNOLOGY DEVELOPMENT

Оптимізація трансформації систем менеджменту підприємств в умовах розвитку ІТ-технологій є складним завданням, що потребує комплексного підходу. У статті обґрунтовано, що впровадження ERP-систем підвищує ефективність управління завдяки інтеграції даних та узгодженості бізнес-процесів. Застосування математичних інструментів, таких як машинне навчання, диференціальні рівняння, криптографія й лінійне програмування, дозволяє глибоко аналізувати дані, прогнозувати зміни та оптимізувати управління. Інтеграція з IoT забезпечує моніторинг у реальному часі, а гібридні методи – ефективне вирішення складних управлінських завдань. Загалом, комбінований підхід дозволяє суттєво підвищити продуктивність, зменшити витрати та зміцнити конкурентоспроможність. Його успішна реалізація залежить від впровадження сучасних технологій, адаптації бізнес-процесів і постійного підвищення кваліфікації персоналу, що забезпечує стабільний розвиток підприємства в умовах динамічного ринку.

Ключові слова: системи менеджменту, хмарні технології, ERP-системи, інтернет речі, ІТ-технології.

Optimization of the Transformation Process of Enterprise Management Systems in the Context of IT Technology Development is a complex and multifaceted task that requires a comprehensive approach. It has been proven that the implementation of ERP systems significantly enhances management efficiency by ensuring data integration and consistency across various enterprise departments. At the same time, the use of cloud technologies reduces IT infrastructure costs while providing real-time data access from anywhere in the world. It is argued that combining these two technologies with additional methods, such as big data analysis, modeling and simulation, integration with the Internet of Things (IoT), blockchain technologies, hybrid optimization methods, and optimal personnel training planning, ensures greater informativeness and realism. The use of machine learning methods, differential equation systems, cryptographic algorithms, and linear programming allows for a comprehensive data analysis, trend forecasting, and management process optimization. It is substantiated that integrating ERP systems and cloud technologies with additional methods significantly improves business process efficiency. This is achieved through the automation of routine tasks, improved decision-making based on big data analysis, and enhanced security and transparency through blockchain technologies. Modeling and simulation enable testing of different development scenarios, contributing to more flexible and adaptive management. Integration with IoT ensures real-time monitoring and control of production processes, increasing accuracy and response speed to changes. Hybrid optimization methods effectively solve complex problems involving multiple variables and constraints, finding optimal solutions for enterprises. Overall, a combined approach to optimizing enterprise management systems, incorporating ERP

systems, cloud technologies, and additional methods, allows for significant improvements in productivity, cost reduction, and increased competitiveness. Enterprises become more flexible, capable of quickly adapting to market changes, and more effectively managing their resources. The successful implementation of this approach requires the comprehensive adoption of modern technologies, adaptation of business processes, and continuous personnel training. This ensures enterprise sustainability in a constantly changing market environment and contributes to its long-term success and development.

Keywords: management systems, cloud technologies, ERP systems, Internet of Things (IoT), IT technologies.

Постановка проблеми. Оптимізація процесу трансформації систем менеджменту підприємств в умовах розвитку ІТ-технологій є важливою з кількох практичних причин. По-перше, ІТ-технології дозволяють автоматизувати рутинні процеси, зменшуючи людський фактор і, відповідно, кількість помилок. Це сприяє підвищенню продуктивності та дозволяє співробітникам зосередитися на більш стратегічних завданнях. Завдяки автоматизації, підприємства можуть швидше та точніше виконувати операції, що знижує витрати та підвищує якість продукції чи послуг. Крім того, сучасні інформаційні системи надають керівникам доступ до великих обсягів даних у режимі реального часу. Це дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення на основі актуальної та точної інформації. Аналітичні інструменти допомагають виявити тенденції, прогнозувати майбутні події та оптимізувати ресурси підприємства. Таким чином, прийняття рішень стає більш прозорим та ефективним. Додатково, ІТ-технології сприяють покращенню комунікації всередині компанії та з зовнішніми партнерами. Використання інтегрованих платформ для спільної роботи дозволяє скоротити час на обмін інформацією та підвищити узгодженість дій. Це, у свою чергу, сприяє більш швидкому реагуванню на зміни ринкової кон'юнктури та підвищує гнучкість підприємства. Також важливо зазначити, що оптимізація систем менеджменту за допомогою ІТ-технологій сприяє зниженню операційних витрат.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Трансформація управлінських систем підприємств під впливом інформаційних технологій є надзвичайно актуальною темою, що привертає значну увагу наукової спільноти. Дослідження у цій сфері охоплюють не лише технічні та технологічні аспекти, але й стратегічні, організаційні та культурні зміни, які відбуваються в компаніях у процесі цифрової еволюції. Вагомий внесок у вивчення цього питання зробили такі науковці, як Т. Davenport [1], К. Hoffman [2], А. Bourdreau, G. Couillard [3], F. Nah, J. Lau, J. Kuang [4], J. Lee [5], P. Lőrincz [6], J. Caverlee, J. Bae, Q. Wu, L. Liu, C. Pu, W. Rouse [7], а також W. Rouse [8–9] і L. Xu [10].

Попри значну кількість наукових напрацювань, залишається відкритим питання про оптимальні підходи до трансформації управлінських систем підприємств у цифрову епоху. Відсутність уніфікованих методологічних рішень ускладнює впровадження сучасних технологій і може стримувати зростання конкурентоспроможності бізнесу. Підприємства, які не адаптуються до швидких змін технологічного середовища, ризикують втратити свої позиції на ринку.

Це підкреслює необхідність подальших досліджень, спрямованих на розробку інноваційних моделей управління, які забезпечать підприємствам високу гнучкість, ефективність і здатність до швидкої адаптації в умовах цифрової економіки.

Формування завдання дослідження. Метою дослідження є розробка ефективної моделі трансформації систем менеджменту підприємств через інтеграцію ERP-систем та хмарних технологій. Дослідження спрямоване на оптимізацію управлінських процесів, підвищення ефективності бізнесу та адаптацію до цифрової економіки. Використовуються методи аналізу великих даних, машинного навчання, блокчейн-технологій та симуляційного моделювання для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оптимізація процесу трансформації систем менеджменту підприємств в умовах розвитку ІТ-технологій має кілька можливих варіантів, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Перший варіант полягає у впровадженні ERP-систем (Enterprise Resource Planning), які інтегрують всі аспекти управління підприємством в одну платформу. Це дозволяє забезпечити прозорість та узгодженість даних, покращуючи управління ресурсами та підвищуючи ефективність операцій [4]. Однак, впровадження ERP-системи є досить дорогим і складним процесом, який вимагає значних інвестицій часу та ресурсів.

Другий варіант оптимізації включає використання хмарних технологій, що дозволяють зберігати та обробляти дані на віддалених серверах. Це рішення знижує витрати на ІТ-інфраструктуру та забезпечує доступ до інформації з будь-якого місця і в будь-який час. Хмарні технології також сприяють гнучкості та масштабованості бізнесу [7]. Проте, залежність від зовнішніх постачальників послуг та питання безпеки даних можуть бути серйозними недоліками цього варіанту.

Третій варіант – впровадження системи бізнес-аналітики (BI) для аналізу даних і підтримки прийняття рішень. BI-системи дозволяють компаніям отримувати цінну інформацію з великих обсягів даних, виявляти тренди і прогнозувати майбутні події [1; 5]. Це сприяє покращенню стратегічного планування та оперативного управління. Однак, ефективне використання BI-систем вимагає висококваліфікованого персоналу та може потребувати значних фінансових вкладень у навчання та адаптацію.

Четвертий варіант – автоматизація процесів за допомогою роботизованої автоматизації процесів (RPA). RPA дозволяє автоматизувати рутинні та повторювані завдання, що підвищує продуктивність та знижує ймовірність помилок [6]. Це рішення є відносно швидким і дешевим у впровадженні порівняно з іншими варіантами. Проте, RPA обмежується простими завданнями і не завжди може замінити більш комплексні рішення.

Після критичного аналізу всіх варіантів найбільш підходящим для оптимізації процесу трансформації систем менеджменту підприємств є поєднання впровадження ERP-систем та використання хмарних технологій. ERP-системи забезпечують інтеграцію та

узгодженість даних, що є ключовим фактором для ефективного управління. Використання хмарних технологій знижує витрати на інфраструктуру і забезпечує гнучкість та доступність даних. Комбінація цих двох рішень дозволяє максимально використовувати переваги IT-технологій, забезпечуючи стійкість та конкурентоспроможність підприємства у сучасних умовах.

Технологія поєднання ERP-систем та хмарних технологій для оптимізації процесу трансформації систем менеджменту підприємств включає кілька ключових етапів і аспектів.

1. Вибір та впровадження ERP-системи. Першим кроком є вибір відповідної ERP-системи, яка найкраще відповідає потребам підприємства [2]. Слід врахувати специфіку галузі, розмір компанії, а також функціональні можливості системи.

2. Міграція до хмарних технологій. Паралельно з впровадженням ERP-системи слід розглянути можливість міграції до хмарних технологій [3]. Це передбачає вибір надійного хмарного провайдера, який може забезпечити необхідний рівень безпеки та доступності даних.

3. Інтеграція ERP-системи з хмарними сервісами. Наступним кроком є інтеграція ERP-системи з хмарними сервісами [8]. Це може включати інтеграцію з хмарними базами даних, аналітичними платформами та іншими сервісами, які використовуються в хмарному середовищі.

4. Навчання персоналу. Впровадження нових технологій вимагає відповідного навчання персоналу. Співробітники повинні бути ознайомлені з новими процесами та інструментами, які використовуватимуться в роботі.

5. Моніторинг та оптимізація. Після впровадження ERP-системи та хмарних технологій необхідно здійснювати постійний моніторинг їхньої роботи [9]. Це включає аналіз продуктивності систем, виявлення можливих проблем та їхнє швидке усунення.

6. Безпека та відповідність нормативам. Особливу увагу слід приділити безпеці даних та відповідності нормативним вимогам [10]. Використання хмарних технологій передбачає зберігання конфіденційної інформації на віддалених серверах, що вимагає впровадження відповідних заходів безпеки.

Поєднання ERP-систем та хмарних технологій забезпечує інтеграцію управлінських процесів та гнучкість в обробці даних. Ця технологія дозволяє знизити витрати, підвищити ефективність управління та забезпечити доступність інформації в режимі реального часу. Такий підхід до оптимізації процесу трансформації систем менеджменту є найбільш перспективним і ефективним у сучасних умовах розвитку IT-технологій.

Опис математичного апарату для кожного з етапів оптимізації процесу трансформації систем менеджменту підприємств з використанням ERP-систем та хмарних технологій може включати різні методи та моделі. Виконаємо цей опис:

1. Вибір та впровадження ERP-системи супроводжується аналізом бізнес-процесів. Для моделювання та аналізу бізнес-процесів використаємо методи операційного дослідження та лінійного програмування. Важливі параметри включають витрати, час, ресурси та продуктивність. Математична модель може бути сформульована так:

$$\sum_{i=1}^n C_i x_i, \quad [1]$$

де C_i – витрати на впровадження ERP-модуля i ; x_i – бінарна змінна, яка приймає значення 1, якщо модуль i впроваджується, і 0, якщо ні.

2. Міграція до хмарних технологій. На цьому етапі доцільно застосувати методи математичного програмування для мінімізації витрат на хмарні ресурси. Функцію витрат запишемо так:

$$\sum_{j=1}^m C_{hj} + C_{mj} + C_t, \quad [2]$$

де C_{hj} – витрати на хостинг даних у хмарі j , C_{mj} – витрати на міграцію даних до хмари j , C_t – витрати на трансфер даних.

3. Інтеграція ERP-системи з хмарними сервісами. На цьому етапі ключовим завданням є забезпечити узгодженість даних. Для виконання цього завдання доцільно використати модель реплікації та синхронізації даних, що може бути описана за допомогою теорії графів і алгоритмів пошуку шляху. Графова модель:

$$G = (V, E), \quad [3]$$

де V – множина вузлів (систем); E – множина ребер (каналів синхронізації).

Оптимізація зводиться до пошуку мінімального основного дерева (алгоритм Пріма або Крускала).

4. Навчання персоналу. Для планування навчання використаємо модель календарного планування, яка може бути реалізована за допомогою цілочисельного лінійного програмування (ЦЛП):

$$\min \sum_{k=1}^l T_k y_k, \quad [4]$$

де T_k – тривалість навчання по програмі k , y_k – бінарна змінна, яка приймає значення 1, якщо програма k вибрана, і 0, якщо ні.

5. Моніторинг та оптимізація. На цьому етапі основним об'єктом моніторингу та оптимізації є продуктивністю. Для моніторингу продуктивності зазвичай використовуються статистичні методи та методи аналізу часових рядів. Основна мета – виявити відхилення від нормативів і оптимізувати роботу систем. Статистичну модель запишемо так:

$$P(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \epsilon(t), \quad [5]$$

де $P(t)$ – продуктивність в момент часу t ; α_0 та α_1 – параметри моделі; $\epsilon(t)$ – випадкова похибка.

6. На етапі – безпека та відповідність нормативам, завдання зводиться до моделювання ризиків. Для оцінки ризиків використаємо методи теорії ймовірностей, а для моделювання метод Монте-Карло.

Ймовірнісна модель:

$$\sum_{i=1}^n p_i L_i, \quad [6]$$

де p_i – ймовірність ризику i , L_i – втрати від ризику i .

Моделювання Монте-Карло дозволяє оцінити розподіл можливих втрат та прийняти відповідні заходи для їхнього зниження.

Описаний апарат, використаний на кожному етапі, дозволяє здійснювати кількісний аналіз та оптимізацію процесів, забезпечуючи ефективність трансформації систем менеджменту підприємств в умовах розвитку IT-технологій.

Посилення інформативності та реалістичності застосування комбінованого підходу до оптимізації процесу трансформації систем менеджменту підприємств може бути досягнуто через впровадження низки

додаткових методів та інструментів. Нижче наведено кілька стратегій для цього [1,2,8,10].

1. Використання великих даних (Big Data). Збирання та аналіз великих обсягів даних, які генеруються ERP-системами та хмарними сервісами, дозволяють отримати детальну інформацію про діяльність підприємства. Це включає дані про виробництво, продажі, поведінку клієнтів, ефективність співробітників тощо.

2. Моделювання та симуляція бізнес-процесів. Використання систем динамічного моделювання для імітації різних сценаріїв роботи підприємства дозволяє оцінити вплив змін на ефективність та продуктивність.

3. Інтеграція з інтернетом речей (IoT) для збору та аналізу даних в реальному часі. Інтеграція ERP-систем з IoT-пристроями дозволяє отримувати дані про виробничі процеси в реальному часі, що підвищує точність управління ресурсами.

4. Використання блокчейн-технологій для досягнення безпеки та прозорості. Використання блокчейн-технологій для зберігання та верифікації даних забезпечує високий рівень безпеки та прозорості операцій.

5. Оптимізація на основі гібридних методів (комбінованих алгоритмів оптимізації). Використання гібридних методів оптимізації, що поєднують елементи еволюційних алгоритмів, методів рою частинок, симуляційного відпаду та інших.

6. Підвищення кваліфікації та адаптація персоналу. Розробка програм постійного навчання для співробітників, що включають тренінги з використання нових технологій, управління змінами та адаптацію до нових бізнес-процесів.

Застосування вищезазначених методів та моделей дозволяє суттєво підвищити інформативність та реалістичність комбінованого підходу до оптимізації систем менеджменту підприємств. Використання різних технік, таких як машинне навчання, статистичний аналіз, моделювання, криптографія, гібридні алгоритми та оптимальне планування, дозволяє всебічно аналізувати дані, прогнозувати тенденції та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Посилення інформативності та реалістичності застосування комбінованого підходу до оптимізації систем менеджменту підприємств можливе через інтеграцію сучасних технологій, таких як великі дані, IoT, блокчейн та гібридні методи оптимізації. Використання математичних методів для аналізу даних, моделювання та оптимізації процесів дозволяє отримати більш точні та достовірні результати, що підвищує ефективність управління та конкурентоспроможність підприємства.

Висновки. Оптимізація процесу трансформації систем менеджменту підприємств з використанням ERP-систем та хмарних технологій може бути посилена за допомогою аналізу великих даних, моделювання та симуляції, інтеграції з інтернетом речей, блокчейн-технологій, гібридних методів оптимізації та оптимального планування навчання персоналу. Використання методів машинного навчання, статистичного аналізу, систем диференціальних рівнянь, криптографічних алгоритмів та лінійного програмування дозволяє всебічно аналізувати та оптимізувати процеси. Це забезпечує підвищення ефективності, зниження витрат, покращення управління ресурсами та прийняття обґрунтованих рішень.

Список використаних джерел:

1. Davenport, T. (1998). Putting the enterprise in to the enterprise system. *Harvard Business Review*, Vol. 76(4), pp. 121–131.
2. Hoffman, K. (1992). Management of enterprise-wide systems integration programs. *Journal of Systems Integration*, Vol. 3, pp. 201–224.
3. Bourdreau, A., & Couillard, G. (1999). Systems Integration and Knowledge Management. *Information Systems Management*, Vol. 16, pp. 1–9.
4. Nah, F., Lau, J., & Kuang, J. (2001). Critical factors for successful implementation of enterprise systems. *Business Process Management Journal*, Vol. 7, pp. 285–296.
5. Lee, J. (2007). Advances in Business Transformation Technologies. *Advances in Computers*, Vol. 70, pp. 163–221.
6. Lőrincz, P. (2007). Evolution of Enterprise Systems. *International Symposium on Logistics and Industrial Informatics*, pp. 75–80.
7. Caverlee, J., Bae, J., Wu, Q., Liu, L., Pu, C., & Rouse, W. (2007). Work flow management for enterprise transformation. *Information Knowledge Systems Management*, Vol. 6, pp. 61–80.
8. Rouse, W. (2006). Enterprise Transformation – Implications for Enterprise Information Systems. *IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems*, Vol. 126, pp. 1069–1072.
9. Rouse, W. (2005). Enterprises as systems: Essential challenges and approaches to transformation. *Systems Engineering*, Vol. 8, pp. 138–150.
10. Xu, L. (2011). Enterprise Systems: State-of-the-Art and Future Trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 7, pp. 630–640.