

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-332-74>

УДК 338.24:658.5:65.011.56

ЛИСАК Віктор

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5352-7090>

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПОДОЛАННЯ ВИКЛИКІВ

У статті висвітлено актуальні виклики та можливості цифровізації управління ресурсними та інформаційними потоками на промислових підприємствах. Автор акцентує увагу на необхідності створення комплексних методик оцінювання, які враховують як кількісні, так і якісні аспекти цифровізації. Визначено ключові напрямки досліджень, що включають використання сучасних технологій, таких як цифрові двійники, Інтернет речей (IoT), блокчейн та методи машинного навчання. У статті проаналізовано сучасні методи оцінювання цифровізації, зокрема кількісні, якісні, моделюючі та комбіновані підходи, а також їхні переваги, недоліки та сфери застосування. Особливу увагу приділено аналізу інструментів оцінювання, що дозволяють визначити рівень автоматизації, цифрової зрілості та економічного ефекту впровадження технологій.

Автором запропоновано нові підходи до вирішення ключових проблем оцінювання цифровізації. Серед них створення міжнародних стандартів, що забезпечать гармонізацію підходів до оцінювання в різних галузях, та адаптація цифрових індикаторів до стратегій підприємств з урахуванням екологічних і соціальних факторів. Також запропоновано інструменти для малих і середніх підприємств, які включають хмарні платформи, мобільні додатки та рішення з відкритим кодом для автоматизованого збору і аналізу даних. Значну увагу приділено інтеграції цифрових технологій у логістичні ланцюги, операційну діяльність та управління людським капіталом.

Результати дослідження спрямовані на формування системного підходу до оцінювання цифровізації, що дозволить не лише виявляти вузькі місця в управлінні ресурсами, а й сприяти розвитку інноваційних моделей бізнесу. Зокрема, акцент зроблено на впливі цифровізації на ефективність, прозорість і гнучкість підприємств у конкурентному середовищі. Перспективи подальших досліджень включають розробку галузевих стандартів цифровізації, створення інтегрованих платформ для збору даних, а також вивчення впливу цифровізації на екологічність, соціальну відповідальність та конкурентоспроможність підприємств. Реалізація запропонованих рішень сприятиме зміцненню позицій підприємств у глобальній економіці та формуванню стійкої бізнес-моделі в умовах динамічного розвитку цифрових технологій.

Ключові слова: цифровізація, управління ресурсами, інформаційні потоки, промислові підприємства, оцінювання цифровізації, кількісні методи, якісні методи, цифрові двійники, Інтернет речей, блокчейн, сталий розвиток, екологічність, цифрові індикатори, автоматизація, цифрова зрілість, конкурентоспроможність.

LYSAK Viktor

Khmelnytskyi National University

DIGITALIZATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES: EVALUATION METHODOLOGIES AND OVERCOMING CHALLENGES

The article highlights the pressing challenges and opportunities in the digitalization of resource and information flow management in industrial enterprises. The author emphasizes the necessity of creating comprehensive evaluation methodologies that incorporate both quantitative and qualitative aspects of digitalization. Key research areas identified include the application of modern technologies such as digital twins, the Internet of Things (IoT), blockchain, and machine learning methods. The article analyzes contemporary digitalization assessment methods, including quantitative, qualitative, modeling, and combined approaches, as well as their advantages, limitations, and areas of application. Particular attention is paid to evaluating tools that assess automation levels, digital maturity, and the economic impact of technology adoption.

The author proposes new approaches to addressing key issues in digitalization evaluation, such as developing international standards to harmonize evaluation practices across industries and adapting digital indicators to enterprise strategies while considering environmental and social factors. Tools for small and medium-sized enterprises are suggested, including cloud platforms, mobile applications, and Open Source solutions for automated data collection and analysis. Significant attention is given to the integration of digital technologies into supply chains, operational activities, and human capital management.

The research findings aim to establish a systematic approach to digitalization assessment that not only identifies bottlenecks in resource management but also promotes the development of innovative business models. Special emphasis is placed on the impact of digitalization on the efficiency, transparency, and flexibility of enterprises in a competitive environment. Future research directions include developing industry-specific digitalization standards, creating integrated data collection platforms, and studying the influence of digitalization on environmental sustainability, social responsibility, and competitiveness. Implementing the proposed solutions will enhance enterprises' global economic positioning and foster the development of sustainable business models in the context of rapidly evolving digital technologies.

Keywords: digitalization, resource management, information flows, industrial enterprises, digitalization assessment, quantitative methods, qualitative methods, digital twins, Internet of Things, blockchain, sustainability, environmental impact, digital indicators, automation, digital maturity, competitiveness.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

На теперішній час не існує строго визначеного набору методів та підходів до оцінювання рівня цифровізації процесів управління ресурсними та інформаційними потоками на промислових підприємствах.

Це зумовлено динамічним розвитком технологій, еволюцією управлінських концепцій та інтеграцією новітніх інструментів у сферу цифрової трансформації. Основними аспектами, які обґрунтовують постійне розширення спектру таких підходів, є:

- динаміка технологічного прогресу, оскільки поява та еволюція нових технологій (штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), блокчейн тощо) пропонує нові методи аналізу, оптимізації та оцінювання цифровізації бізнес-процесів;
- індивідуалізація підходів, яка пояснюється варіацією потреб підприємств в залежності від галузі, розміру, організаційної культури та стратегічних цілей;
- розвиток наукової бази, через те, що наукові дослідження у сфері цифровізації активно впливають на появу нових моделей та підходів відповідно до актуальних викликів та можливостей;
- інтеграція міждисциплінарних знань, яка сприяє появі нових методів оцінювання, які раніше не розглядалися в рамках традиційних підходів;
- зростання обсягів та складності даних, можливість аналізу яких з'явилася завдяки розробці нових аналітичних інструментів (методи машинного навчання, когортний аналіз, симуляційне моделювання тощо).
- глобальні тенденції та стандартизація, оскільки нові міжнародні стандарти у сфері цифровізації (Industry 4.0, смарт-виробництво тощо) зумовлюють розширення списку критеріїв та показників для аналізу;
- зміна бізнес-середовища, яка за умов зростаючої конкуренції вимагає гнучких і адаптивних підходів до оцінювання цифровізації із врахуванням нових викликів.

Таким чином, список підходів та методів оцінювання цифровізації не є статичним. Він постійно розширюється завдяки інтеграції інноваційних технологій, міждисциплінарному співробітництву, глобальним трендам і зростанню складності управлінських завдань. Цей процес є відображенням гнучкої та еволюційної природи цифрової трансформації у промисловому середовищі.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В останні роки дослідження у сфері цифровізації підприємств набули значного розвитку. У працях авторів [1; 2] акцентується увага на формуванні організаційних компетенцій для цифрової трансформації, а також на розробці гнучких підходів до сервітизації за допомогою мікросервісів. У [3] детально аналізують виклики, з якими стикаються малі та середні підприємства у контексті впровадження концепцій Industry 4.0.

Особливе місце займають роботи, присвячені оцінці цифрових двійників, як інструменту для моделювання виробничих і управлінських процесів [7; 8]. Крім того, дослідження [5] пропонують системний огляд цифрової трансформації, виокремлюючи ключові аспекти її впливу на стратегії підприємств.

У наукових працях [13; 14] висвітлюється вплив цифровізації на організаційну ефективність та конкурентоспроможність, зокрема через впровадження інноваційних технологій. Проблематика цифрової зрілості підприємств, особливо малих і середніх, також аналізується у контексті вимог сучасних ринкових умов.

Таким чином, аналіз наукових джерел демонструє, що хоча існує значна кількість праць, спрямованих на висвітлення окремих аспектів цифровізації, питання комплексного підходу до оцінювання рівня цифровізації управління ресурсними та інформаційними потоками залишаються недостатньо вирішеними. Це зумовлює актуальність проведення подальших досліджень у цьому напрямі.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, ЯКИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Незважаючи на значну кількість наукових праць, досі залишається відкритим питання комплексного підходу до оцінювання цифровізації управління ресурсними та інформаційними потоками на промислових підприємствах. Окрім того, динаміка розвитку сучасних технологій вимагає змін до спектру показників оцінювання як стратегій цифровізації підприємств, так і підходів й індикаторів оцінювання ефективності функціонування цифрової інфраструктури суб'єктів господарювання.

Завданням даної статті є аналіз науково-технічних ресурсів, які висвітлюють проблеми оцінювання як цифровізації управління інформаційними та ресурсними потоками промислових підприємств, так і цифровізації діяльності підприємств загалом. Окрім того, постають питання щодо уточнення та розширення спектру показників для оцінювання цифровізації певних напрямів функціонування підприємств з огляду на появу та розвиток нових інноваційних засобів та інструментів.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є дослідження проблем оцінювання цифровізації управління ресурсними та інформаційними потоками підприємства у сфері застосування різних методик, а також уточнення бази показників оцінювання цифровізації промислових підприємств.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Оцінювання цифровізації процесів управління ресурсними та інформаційними потоками на промислових підприємствах є важливим інструментом для виявлення потенціалу розвитку, вдосконалення бізнес-процесів та оптимізації використання ресурсів. Основні методики та підходи до такого оцінювання можна розділити на кілька категорій (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняння методик оцінювання цифровізації процесів управління ресурсними та інформаційними потоками

Параметри	Тип методики				
	Кількісні методи	Якісні методи	Моделювання	Порівняльний аналіз	Комбіновані
Основні показники	KPI, індекси, економічний ефект	Опитування, SWOT-аналіз	Імітація, цифрові двійники	Галузеві стандарти, бенчмаркінг	Показники зрілості цифрових технологій
Переваги	Об'єктивність, точність	Гнучкість, врахування людського фактора	Висока точність прогнозів	Оцінювання конкуренто-спроможності	Комплексний підхід
Недоліки	Потреба у великій кількості даних	Суб'єктивність, залежність від експертів	Високі витрати на впровадження	Висока ймовірність недосяжності еталонів	Висока складність реалізації
Сфера застосування	Управління виробництвом	Стратегічне планування	Управління виробництвом	Маркетинг, продажі	Стратегічне планування
Терміни впровадження	Від кількох місяців до року	Від кількох тижнів до місяця	Від року	Від кількох тижнів до місяця	Від кількох місяців до року
Вартість впровадження	Середня	Низька	Висока	Середня	Висока
Потреба у фахівцях	Так	Ні	Так	Ні	Так
Масштабованість	Висока	Середня	Висока	Висока	Висока
Ризики	Ризик неправильного вибору KPI	Ризик отримання суб'єктивної оцінки	Високі початкові інвестиції	Ризик неповної інформації	Високі організаційні ризики
Приклади	Автоматизація KPI в ERP	Стратегії впровадження	Заводи Siemens, General Electric, Boeing, Tesla	Аналіз конкурентів	Впровадження цифрових стратегій
Інтеграція існуючими системами	Легка	Середня	Складна	Легка	Середня
Посилання на джерела	[1], [2], [3]	[4], [5], [6]	[7], [8], [9]	[10], [11], [12]	[13], [14], [15]

Кількісні методи оцінювання базуються на зборі, аналізі та інтерпретації цифрових даних, які характеризують процеси підприємства. Їхня основна перевага полягає в об'єктивності результатів, що дозволяє порівнювати ефективність впровадження цифрових технологій на різних рівнях (підрозділи, підприємства, галузі).

Серед основних інструментів кількісного оцінювання можна навести індекси цифровізації (індекс цифрової зрілості, індекс промислового Інтернету речей, індекс інтеграції інформаційних технологій), ключові показники ефективності та показники економічного ефекту від цифровізації.

Індекси різного типу, відповідно, характеризують певні напрями цифровізації діяльності підприємства – від процесів, до рівня інтеграції систем, IoT-рішень, сумісності технологій тощо. Основні показники ефективності в даному контексті використовуються для вимірювання конкретних аспектів цифровізації (часу обробки інформації, рівня автоматизації процесів, рівня цифрової трансформації процесів тощо). Оцінювання економічного ефекту від цифровізації спрямоване на визначення фінансових результатів від впровадження цифрових технологій: зменшення витрат, зростання продуктивності, коефіцієнту повернення інвестицій тощо.

Перевагами кількісних методів є: об'єктивність, оскільки результати базуються на фактичних даних, що зменшує суб'єктивність їхніх результатів; точність, адже кількісні показники дозволяють деталізувати рівень цифровізації за конкретними напрямками; масштабованість, оскільки ці методи підходять як для окремих підрозділів підприємства, так і для великих підприємств.

Серед недоліків кількісних методів потрібно виділити: залежність від якості даних, адже необхідно забезпечити їхню точність і повноту для аналізу; високу вартість збору даних, оскільки впровадження цифрових систем моніторингу може вимагати значних інвестицій; обмеженість при оцінюванні нематеріальних аспектів, бо такі методи не враховують організаційну культуру, людські якості тощо.

Якісні методи оцінювання, на відміну від кількісних, спрямовані на аналіз організаційних, культурних та людських факторів впливу на цифровізацію. Вони дозволяють досліджувати готовність персоналу підприємства до цифрових змін, а також виявляти бар'єри впровадження технологій, які неможливо оцінити кількісно.

Серед основних засобів якісного оцінювання найбільш поширеними є: анкетування персоналу, опитування стейкхолдерів, SWOT-аналіз цифровізації, аналіз корпоративної культури, аналіз користувацького досвіду тощо. Якщо анкетування персоналу дозволяє оцінити рівень впливу цифровізації на їхню роботу, то опитування стейкхолдерів дозволяє визначити основні стратегічні цілі цифровізації, оцінити готовність до змін на рівні управління та обсяги ресурсів, які підприємство планує виділити на свою цифровізацію. SWOT-аналіз дозволяє визначити сильні та слабкі сторони проведення цифровізації, а також можливості і загрози для реалізації такої стратегії, – це дозволяє сформувати комплексну картину для якісного оцінювання стратегії. Аналіз корпоративної культури дозволяє оцінити готовність та реакцію персоналу на технологічні зміни, а також виявити лідерів змін, дати оцінку рівню комунікацій працівників з керівництвом тощо. Важливим також є аналіз користувацького досвіду, який в доповнення до анкетування дозволяє оцінити зручність роботи з цифровими технологіями.

Відповідно, перевагами якісних методів є: гнучкість, оскільки їх можна адаптувати під специфіку підприємства; врахування людського фактора, через оцінювання впливу цифровізації на персонал та аналізу його ставлення до змін; дослідження нематеріальних аспектів, таких як корпоративна культура, мотиваційні важелі впливу на співробітників, психологічні та соціо-культурні бар'єри для впровадження технологій тощо.

Основними недоліками якісних методів можуть бути: суб'єктивність, оскільки їхні результати напряму залежать від думки респондентів; залежність від фаховості та досвіду опитуваних; складність масштабування, адже важко узагальнювати/порівнювати результати у розрізі великих підприємств, особливо галузей.

Якісні методи є незамінними для аналізу людського фактора, організаційної культури та суб'єктивних аспектів цифровізації. Вони забезпечують цінну інформацію для прийняття управлінських рішень, особливо в умовах значного впливу змін на персонал. Найбільш ефективним підходом є їх поєднання з кількісними методами та методами моделювання для комплексного оцінювання цифровізації підприємства.

Спектр методів моделювання та симуляції передбачає побудову та використання моделей для оцінювання впливу цифровізації на процеси управління. Імітаційне моделювання може бути використане для виявлення вузьких місць у потоках даних або ресурсів, а також для тестування сценаріїв впровадження цифрових технологій в управління цими потоками. Методи дослідження динамічних систем можуть бути використані для аналізу змін у взаємодії між ресурсними та інформаційними потоками – до, в процесі та після проведення цифровізації.

Побудова «цифрових двійників» може стати незамінним інструментом для тестування різних рішень при впровадженні нових технологій для цифровізації управління ресурсними та інформаційними потоками на підприємстві, оскільки дозволить без шкоди для підприємства вивчати результати такого впровадження.

Методи порівняльного аналізу цифровізації підприємства з конкурентами на ринку або еталонами галузевих стандартів. В даному випадку, або здійснюється «підгонка» під галузеві стандарти (наприклад, для цифрової трансформації: ISO 27001, ISO 9001, ISO 14001), або проводиться конкурентний аналіз з найкращими практиками на ринку.

Застосування комбінованих підходів, власне, є поєднанням використання кількісних та якісних методів, а також інструментів моделювання, симуляції, прогнозування тощо.

Таким чином, вибір методів оцінювання цифровізації інформаційних та ресурсних потоків промислового підприємства залежить від стратегічних цілей підприємства, наявних ресурсів та специфіки галузі. Найефективнішими, на нашу думку, є комбіновані підходи, які забезпечують комплексний аналіз, оскільки поєднують кількісні і якісні методи, а засоби моделювання дозволяють безпечно протестувати різноманітні стратегії цифровізації.

Оцінювання рівня цифровізації є складним завданням, і, навіть, при вже існуючих методиках, стикається з низкою не вирішених проблем. Серед основних з них варто виділити наступні: відсутність уніфікованих методик і стандартів оцінювання; складність вимірювання якісних характеристик; нестача даних для аналізу; проблеми адаптації під різні галузі; динамічність розвитку цифрових технологій; неврахування зовнішніх факторів; суб'єктивізм оцінювання; недостатня інтеграція показників цифровізації з бізнес-результатами; високі витрати на проведення оцінювання; відсутність баз даних для порівняння показників [16, 17, 19, 21, 23, 24].

Нами запропоновано шляхи вирішення згаданих проблем (рис. 1).

По-перше, відсутність єдиної методики, яка б охоплювала всі аспекти цифровізації (технічні, організаційні, економічні, соціальні тощо) ускладнює порівняння результатів між різними підприємствами та галузями. Для вирішення цієї проблеми пропонується створити міжнародні стандарти оцінювання рівня цифровізації за підтримки організацій таких як ISO або Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). На додачу до цього мають бути сформовані національні стандарти, адаптовані під галузеві особливості, з можливістю їх інтеграції в міжнародні стандарти. Окрім того, необхідно запровадити для

використання єдиний набір показників, які охоплюють основні аспекти цифровізації (технології, бізнес-процеси, людський капітал, екологічність тощо).

По-друге, оцінювання рівня цифровізації може включати аналіз нематеріальних факторів, таких як корпоративна ІТ-культура, готовність працівників до змін, рівень цифрових компетенцій, які складно об'єктивно оцінити та формалізувати. Для подолання цього проблемного напрямку логічним виходом є поєднання кількісних та якісних методів оцінювання. Ефективними інструментами тут також можуть стати соціологічні опитування, анкетування та інтерв'ю для оцінювання рівня цифрової культури і компетенцій. Щодо аналізу таких якісних показників як рівень інноваційності або готовність до цифрових змін, то ефективними в даному випадку є інструменти машинного навчання.

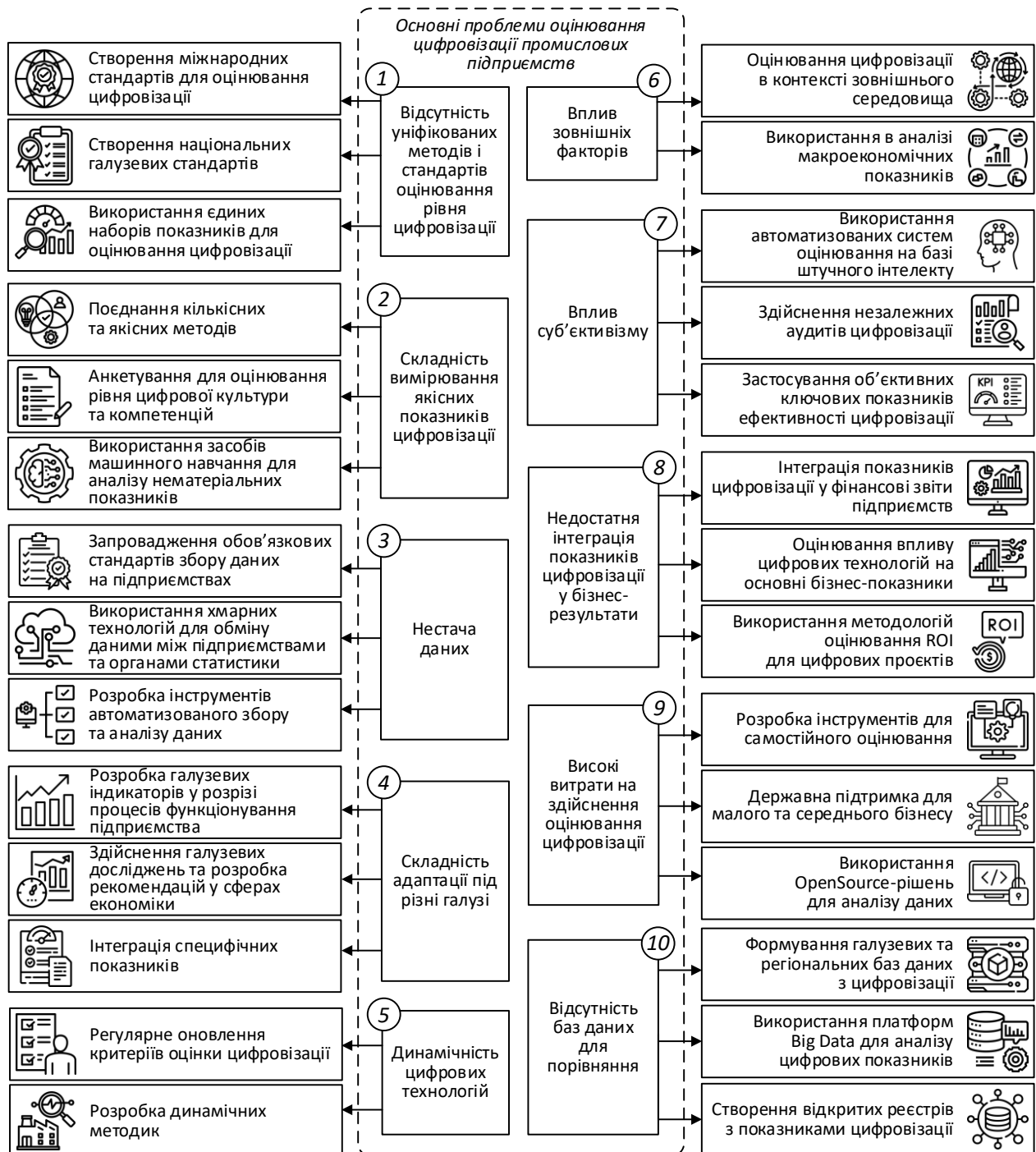


Рис. 1. Шляхи вирішення проблем оцінювання цифровізації підприємств

Примітки: – сформовано автором на основі аналізу [16, 17, 19, 21, 23, 24] та власних досліджень;
– для оформлення використано безкоштовні арт-об'єкти з сайту <https://flaticon.com>

По-третє, нестача даних виникає через те, що підприємства можуть не збирати або не мати доступу до релевантних даних, які необхідні для комплексного оцінювання рівня цифровізації. Сюди можна віднести

дані про продуктивність функціонування, використання технологій або здійсненні інвестиції у розвиток цифрової інфраструктури. В даному випадку для формування необхідного для аналізу обсягу даних варто: запровадити обов'язкові стандарти збору даних на підприємствах, використовувати хмарні платформи для обміну даними між підприємствами та органами статистики, а також розробити інструменти автоматизованого збору та аналізу таких даних.

По-четверте, рівень цифровізації може сильно відрізнятись в залежності від галузі, й те, що працює в одній сфері, може стати непридатним для іншої. Наприклад, методики, що підходять для ІТ-компаній, можуть бути неефективними для виробничих підприємств. Через те, необхідно здійснити галузеві дослідження і сформувані рекомендації для кожної сфери економіки. Після цього, важливою має стати розробка галузевих індикаторів, які враховуватимуть специфіку кожної галузі (тобто виробничих, логістичних, фінансових та інших процесів). Окрім того, можна інтегрувати специфічні показники, такі як використання промислового Інтернету-речей (IIoT) у виробництві, або цифрових платформ у логістиці.

По-п'яте, динаміка зміни технологій на теперішній час є дуже жвавою, через те методика оцінювання рівня цифровізації ризикує стати застарілою вже через короткий час після її проведення. Через це, необхідно постійно оновлювати список критеріїв і удосконалювати алгоритми оцінювання цифровізації відповідно до технологічних змін. Також, варто розробляти динамічні методики, які дозволять швидко адаптувати індикатори до нових умов.

Шоста група проблем виникла внаслідок того, що рівень цифровізації залежить не лише від внутрішніх зусиль підприємства, але й від зовнішніх факторів, таких як доступність інфраструктури, регуляторна політика, рівень розвитку цифрової економіки в країні тощо. Тому, оцінювання цифровізації варто здійснювати в контексті зовнішнього середовища (державної підтримки, доступності інфраструктури, ринку праці тощо). Через те, варто також використовувати макроекономічні показники як частини загального аналізу для оцінювання цифровізації на підприємстві.

Сьомий проблемний напрям сформувався через те, що процес оцінювання цифровізації та, власне, його результат, часто залежить від експертних оцінок, які можуть бути суб'єктивними або упередженими. І хоча, на теперішній час існують методики для елімінування подібного впливу серед експертних опитувань, проте в даному проблемному напрямі можна рекомендувати: використання автоматизованих систем оцінювання на базі штучного інтелекту; проведення незалежних аудитів цифровізації для зниження впливу людського фактора; включення до аналізу об'єктивних ключових показників ефективності (KPI), які напряду пов'язані з цифровізацією (наприклад, швидкість обробки інформації, частка автоматизованих процесів тощо).

Восьме, показники цифровізації не завжди відображають прямий зв'язок з економічними результатами підприємства, такими як рентабельність, ефективність використання ресурсів або рівень конкурентоспроможності. Через те, на нашу думку, варто інтегрувати показники цифровізації у фінансові звіти підприємств. Також, варто проводити оцінювання впливу цифрових технологій на ключові бізнес-показники: продуктивність функціонування, рентабельність, скорочення витрат тощо. У зарубіжних джерелах досить часто рекомендується використовувати методологію оцінювання показника повернення інвестицій (ROI) для цифрових проєктів.

Дев'ятий проблемний напрям виник через те, що комплексне оцінювання рівня цифровізації вимагає значних фінансових і часових ресурсів, які можуть бути недосяжними для малих і середніх підприємств. Для вирішення даних проблем, необхідно розробити інструменти для підприємств, які б дозволяли їм самостійно здійснювати таке оцінювання (онлайн-платформи, мобільні додатки тощо). З боку держави варіантом підтримки малого та середнього бізнесу може стати виділення державних грантів на оцінювання цифровізації. Ще одним кейсом є використання Open Source-рішень (програмного забезпечення з відкритим кодом), які можуть бути адаптовані під конкретні параметри підприємства силами власного ІТ-підрозділу.

Десяте, для здійснення ефективного аналізу і порівняння показників цифровізації підприємства з іншими суб'єктами ринку – необхідні репрезентативні бази даних, які часто є недоступними. Через те, необхідно сформувати галузеві та регіональні бази даних показників цифровізації. Окрім того, популярним на теперішній час є використання платформ Big Data для аналізу показників цифровізації у територіальному, державному або міжнародному розрізі. Не менш важливою опцією може стати створення відкритих реєстрів з показниками цифровізації для порівняння.

Таким чином, на нашу думку, запропоновані рішення сприятимуть створенню більш об'єктивних і комплексних підходів для об'єктивного та всебічного оцінювання рівня цифровізації, які зможуть забезпечити точніші результати та сприятимуть прийняттю ефективних управлінських рішень.

Пропозиції щодо доповнення індикаторної бази для оцінювання цифровізації промислових підприємств. Оцінювання рівня цифровізації підприємств може базуватися на інтегрованому наборі показників, який на наш погляд, має охоплювати чотири основних напрями: технології, бізнес-процеси, цифровий потенціал персоналу та сталий розвиток. Вважаємо, що така категоризація має бути достатньою, щонайменше для здійснення оцінювання на малих та середніх підприємствах, і забезпечить комплексний підхід до аналізу рівня цифровізації таких суб'єктів господарювання (табл. 1).

Таблиця 2.

Показники для оцінювання рівня цифровізації промислового підприємства

Категорія	Показник	Характеристика	Методика збору та обробки даних	Джерело
Технології	Індекс автоматизації процесів	Частка бізнес-процесів, які виконуються за допомогою автоматизованих систем	Аналіз процесів, виявлення автоматизованих операцій	[16]
	Індекс інтеграції IT-систем	Інтеграція різних автоматизованих інформаційних систем	Оцінювання кількості інтегрованих систем і обсягів переданих між ними даних	[17]
	Індекс API-інтеграцій	Рівень спряжень між різними інформаційними системами	Аналіз IT-інфраструктури	[18]
	Індекс IoT	Частка пристроїв, підключених до Інтернету речей	Інвентаризація обладнання	[19]
	Індекс швидкодії обробки даних	Середній час виконання операцій	Вимірювання часу виконання запитів	[16]
	Індекс швидкості впровадження технологій	Термін від ідеї до інтеграції нових технологій	Аналіз проєктної документації	[20]
	Індекс спектру цифрових технологій	Кількість запроваджених сучасних технологій	Інвентаризація технологій на підприємстві	Запропоновано автором
	Індекс застосування цифрових двійників	Частка використання цифрових двійників для моделювання процесів	Аналіз впровадження у виробничих і управлінських процесах	Запропоновано автором
	Індекс роботизації сценаріїв	Частка сценаріїв, реалізованих через роботизацію процесів	Аналіз інструментів автоматизації процесів	Запропоновано автором
	Індекс ефективності цифровізації бізнес-процесів	Середній час виконання типових операцій	Вимірювання часу до і після цифровізації	[17]
Бізнес-процеси	Індекс цифровізації логістичних ланцюгів	Рівень автоматизації операцій у логістиці	Оцінювання використання цифрових технологій у SCM-системах	[19]
	Індекс рентабельності цифрових проєктів	Рентабельність інвестицій у цифровізацію	Аналіз фінансових даних	[21]
	Індекс цифрового планування	Використання прогновної аналітики у плануванні	Оцінювання обсягів аналізованих даних	[18]
	Індекс інтеграції каналів продажів	Число інтегрованих офлайн та онлайн каналів	Аналіз CRM-системи	[20]
	Індекс використання джерел відкритих даних	Інтеграція джерел відкритих даних для прийняття рішень	Аналіз використання джерел відкритих даних	[19]
	Індекс прозорості цифрових процесів	Рівень доступності та зрозумілості цифрових процесів	Анкетування працівників та аналіз доступності даних	Запропоновано автором
	Індекс гнучкості бізнес-процесів	Частка процесів, адаптованих до змін через цифрові рішення	Оцінювання інструментів адаптивного планування	Запропоновано автором
	Індекс цифрової відповідності	Рівень відповідності бізнес-процесів цифровим стандартам	Проведення аудиту	Запропоновано автором
	Індекс цифрових компетенцій персоналу	Частка працівників із відповідними навичками	Тестування, сертифікація	[19]
	Індекс цифрового навчання	Середня кількість навчальних годин	Аналіз освітніх програм	[21]
Цифровий потенціал персоналу	Індекс адаптації до цифрових змін	Готовність до впровадження цифрових інновацій	Анкетування працівників	[20]
	Індекс інструментів командної роботи	Частка працівників, які використовують цифрові інструменти	Аналіз активності у цифрових платформах для організації командної роботи	[18]
	Індекс цифрового лідерства	Здатність управлінців керувати цифровими змінами	Методика оцінювання 360°	[17]
	Індекс цифрової кібербезпеки	Рівень захищеності інформаційних систем	Проведення аудиту кібербезпеки	[22]
	Індекс цифрового досвіду клієнтів	Задоволеність клієнтів цифровими каналами	Опитування клієнтів, аналіз зворотного зв'язку	[20]
	Індекс адаптації персоналу до цифрових засобів	Середній час, необхідний працівникам для освоєння нових технологій	Анкетування та моніторинг виконання завдань	Запропоновано автором
	Індекс залучення персоналу до цифровізації	Відсоток працівників, активно залучених у цифрові трансформації	Опитування та аналіз даних	Запропоновано автором
	Індекс скорочення споживання ресурсів	Зменшення використання енергоресурсів, води, паперу	Порівняння даних до і після цифровізації	[19]
	Індекс зниження викидів карбону	Зменшення шкідливих викидів завдяки цифровим технологіям	Розрахунки за відповідними стандартами	[18]
	Індекс цифровізації моніторингу споживання ресурсів	Кількість систем моніторингу споживання ресурсів	Аналіз впроваджених цифрових рішень	[21]
Сталий розвиток	Індекс цифрової переробки відходів	Обсяг відходів, оброблених за допомогою цифрових рішень	Аналіз даних управління відходами	[19]
	Індекс цифровізації документообігу	Частка паперових документів, замінених електронними	Аналіз документообігу	[16]
	Індекс цифрової корпоративної соціальної відповідальності	Частка цифрових ініціатив, спрямованих на соціальну відповідальність	Аналіз проєктів цифрової трансформації	Запропоновано автором
	Індекс цифрового залучення громадськості	Частка проєктів, що використовують цифрові інструменти для залучення громадськості	Оцінювання даних відкритих платформ	Запропоновано автором
	Індекс цифрової еко-оптимізації	Частка проєктів, що спрямовані на екологічність	Оцінювання впроваджених цифрових екологічних ініціатив	Запропоновано автором
	Індекс цифрових платформ вторинної переробки	Частка процесів вторинної переробки, що підтримуються цифровими платформами	Аналіз систем управління відходами	Запропоновано автором

Показники категорії «Технології» характеризують рівень використання сучасних цифрових технологій на підприємстві. Відсоток автоматизованих процесів відображає частку бізнес-процесів, які виконуються з використанням автоматизації [16]. Рівень інтеграції IT-систем характеризує кількість та

ступінь інтеграції різних інформаційних систем в IT-інфраструктурі підприємства [17]. Кількість API-інтеграцій (Application Programming Interface, програмний інтерфейс) дозволяє оцінити кількість спряжень між різними інформаційними технологіями в межах загальної IT-інфраструктури промислового підприємства [18]. Частка пристроїв, підключених до Інтернету речей, може бути визначена шляхом інвентаризації наявного обладнання, та відображатиме рівень формування промислового Інтернету речей на підприємстві [19]. Показник швидкості обробки даних відображає середній час обробки запитів або операцій [16]. Середня швидкість впровадження нових технологій визначає усереднений часовий показник від зародження ідеї до інтеграції технологій на підприємстві [20].

Нами пропонується доповнити список технологічних показників оцінювання цифровізації наступними:

- показник загальної кількості впроваджених інноваційних технологій, що відображає використання таких сучасних технологій як Інтернет речей, штучний інтелект, Big Data, блокчейн, хмарні технології, цифрові двійники, віртуальна та доповнена реальність тощо;
- частка використання цифрових двійників для моделювання виробничих і управлінських процесів;
- частка сценаріїв, які реалізуються внаслідок роботизації виробничих та управлінських процесів.

Вважаємо, що ці показники є доволі простими для кількісного оцінювання та дозволять краще представити загальну перспективу цифровізації на підприємстві з акцентом на оцінюванні технологій.

У категорію «Бізнес-процеси» нами віднесені показники, які оцінюють вплив цифровізації на операційну ефективність. За показником часу виконання основних бізнес-процесів можна робити висновки щодо впливу впроваджених цифрових рішень на швидкість бізнес-операцій [17]. Рівень цифровізації логістичних ланцюгів визначає частку процесів у таких ланцюгах, які супроводжуються цифровими рішеннями. Цей показник також дозволяє оцінити можливості інформаційних систем SCM-класу (Supply Chain Management System, системи управління відносинами з клієнтами) [19]. Коефіцієнт рентабельності інвестицій у цифрові проєкти дає змогу оцінити співвідношення між отриманими вигодами і витратами на цифровізацію [21]. Показник використання інструментів предиктивної аналітики дозволяє на основі оцінювання обсягів аналізованих даних зробити висновок про ефективність такої технології у плануванні [18]. Кількість інтегрованих каналів продажів дозволить робити висновки щодо ефективності функціонування інформаційних систем CRM-класу (Customer Relationship Management System, системи управління відносинами з клієнтами) [20]. Рівень використання джерел відкритих даних, що свідчить про відповідність принципам відкритості інформації [19].

До показників даної категорії ми пропонуємо додати такі:

- індекс прозорості цифрових процесів, який свідчить про рівень доступності та зрозумілості цифрових процесів, та може бути обчислений через анкетування персоналу та аналіз доступності даних;
- відсоток гнучких бізнес-процесів, що дозволить дати оцінку адаптації до змін через впровадження цифрових рішень;
- індекс цифрової відповідності, який за допомогою проведення аудиту стратегії цифровізації дозволить визначити рівень відповідності бізнес-процесів цифровим стандартам.

Показники категорії «цифровий потенціал персоналу» дають змогу оцінити рівень готовності працівників до впровадження нових технологій та вплив на них самого процесу цифровізації. Наприклад, рівень цифрових компетенцій персоналу показує частку працівників, які володіють знаннями у сфері цифрових технологій (мають відповідні дипломи, сертифікати тощо) [19]. Середня кількість годин на навчання персоналу може бути оцінена шляхом аналізу освітніх програм з підвищення кваліфікації працівників [21]. Індекс адаптації до цифрових змін надає оцінку готовності персоналу до цифрових трансформацій на підприємстві та може бути визначений через анкетування працівників [20]. Показник рівня використання інструментів для організації командної роботи має на меті оцінити здатність персоналу до комунікації за допомогою цифрових засобів [18]. Індекс цифрового лідерства дозволить охарактеризувати здатність управлінців керувати цифровими змінами на підприємстві [17]. Індекс цифрової безпеки дозволить оцінити рівень захищеності інформаційних систем на основі проведеного аудиту з кібербезпеки [22]. Показник середнього рівня цифрового досвіду клієнтів дозволить оцінити задоволеність клієнтів цифровими каналами комунікацій на основі їхнього опитування та аналізу даних зворотного зв'язку [20].

До цього переліку ми пропонуємо долучити такі показники як:

- середній час адаптації персоналу до нових цифрових інструментів, що дозволить через анкетування та моніторинг виконання завдань обчислити середній час, який необхідний працівникам для освоєння нових технологій;
- частка участі персоналу у цифровізації дозволить оцінювати причетність працівників підприємства до реалізації стратегії цифровізації та може бути визначений через опитування працівників підприємства.

Категорія «Сталий розвиток» включає показники, що відображають вплив цифровізації на екологічність підприємства та соціальні ініціативи. Тобто, показник скорочення споживання ресурсів відображає економію у споживанні енергоресурсів, води і паперу завдяки впровадженню цифрових

технологій [19]. Параметр обсягів зниження викидів вуглецю свідчить про обсяги зменшення викидів карбону завдяки автоматизації і оптимізації процесів на підприємстві [18]. Цифровізація моніторингу споживання ресурсів може бути оцінена шляхом аналізу ефективності реалізації відповідних цифрових рішень [21]. Частка перероблених відходів за допомогою цифрових рішень дозволить оцінювати участь цифрових інструментів у дотриманні принципів ощадливого виробництва [19]. Також, чітким показником зменшення паперового документообігу, тобто, цифровізацію обміну документами, є частка документів, переведених у цифровий формат [16].

До показників цієї категорії ми рекомендуємо долучити наступні:

- рівень інтеграції цифрових процесів у корпоративну соціальну відповідальність, що визначається часткою цифрових ініціатив, спрямованих на дотримання цієї концепції;
- рівень еко-оптимізації через цифрові рішення, що дозволить оцінювати впровадження цифрових екологічних ініціатив, спрямованих на підвищення екологічності функціонування промислового підприємства;
- відсоток використання цифрових платформ для реалізації вторинної переробки відходів, який визначається в результаті аналізу систем управління відходами.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У проведеному дослідженні було висвітлено ключові виклики та методичні аспекти оцінювання цифровізації управління ресурсними та інформаційними потоками промислових підприємств. Основними результатами дослідження є такі висновки:

1. Визначено різноманіття підходів до оцінювання цифровізації, зокрема кількісні, якісні, методи моделювання та комбіновані. Найбільш ефективним визнано використання комбінованих підходів, які забезпечують комплексність аналізу.
2. Сформовано набір показників для оцінювання цифровізації за чотирма основними напрямками: технології, бізнес-процеси, цифровий потенціал персоналу та сталий розвиток. Визначено їхні переваги та обмеження, а також запропоновано шляхи вдосконалення таких наборів показників.
3. Запропоновано підходи до вирішення основних проблем оцінювання цифровізації, зокрема через створення міжнародних стандартів, впровадження автоматизованих систем аналізу, розвиток засобів машинного навчання та використання хмарних платформ для збору даних.
4. Акцентовано увагу на необхідності динамічного оновлення методик, які можуть оперативно адаптуватися до змін технологічного середовища та специфіки різних галузей економіки.

Серед перспектив подальших досліджень можна виділити наступні напрями: розробка та впровадження галузевих стандартів оцінювання цифровізації з урахуванням специфіки різних типів підприємств; створення інтегрованих інформаційних платформ для збору та аналізу показників цифровізації на локальному, галузевому та міжнародному рівнях; подальший розвиток методів імітаційного моделювання та використання цифрових двійників для оцінювання ефективності впровадження цифрових рішень; дослідження впливу цифровізації на екологічність та сталий розвиток підприємств, зокрема через інтеграцію цифрових індикаторів у стратегії корпоративної соціальної відповідальності.

Література

1. González-Varona, J. M., López-Paredes, A., Poza, D., & Acebes, F. (2021). Building and Development of an Organizational Competence for Digital Transformation in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(1), 15-24. <https://doi.org/10.3926/jiem.3279>
2. Sjödin, D., Parida, V., Kohtamäki, M., & Wincent, J. (2020). An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach. *Journal of Business Research*, 112, 478-491. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.009>
3. Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1-19. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
4. Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP–SWOT analysis for strategic planning and decision-making. *Symmetry*, 10(4), 116. <https://doi.org/10.3390/sym10040116>
5. Nadkarni, S., & Prügl, R. (2021). Digital transformation: A review, synthesis and opportunities for future research. *Management Review Quarterly*, 71(2), 233-341. <https://doi.org/10.1007/s11301-020-00185-7>
6. Bouncken, R. B., Qiu, Y., Sinkovics, N., & Kürsten, W. (2021). Qualitative research: extending the range with flexible pattern matching. *Review of Managerial Science*, 15(2), 251–273. <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00451-2>
7. Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Digital twin for smart manufacturing: A review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100017>

8. Uhlemann, T. H.-J., Schock, C., Lehmann, C., Freiburger, S., & Steinhilper, R. (2017). The Digital Twin: Demonstrating the Potential of Real Time Data Acquisition in Production Systems. *Procedia Manufacturing*, 9, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.043>
9. Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29(Part A), 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002>
10. Хімич, С. В. (2023). Методичні підходи до оцінювання рівня цифрової трансформації промислових підприємств. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*, 27, 39-42. <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297217>
11. Гавриленко, Н. Г. (2022). Методика оцінювання інноваційного потенціалу промислових підприємств в умовах цифрової економіки. *Проблеми економіки*, 3, 112-120. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-3-112-120>
12. Mikalef, P., Boura, M., Lekakos, G., & Krogstie, J. (2020). Big data analytics capabilities and firm performance: A systematic literature review. *British Journal of Management*, 31(2), 356-381. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12343>
13. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
14. Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
15. Sony, M., & Naik, S. (2020). Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. *Technology in Society*, 61, 101248. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>
16. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company, 336.
17. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Harvard Business Review Press, 304.
18. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
19. OECD. (2019). *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264311992-en>
20. Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*. Available at <https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation>
21. Deloitte. (2023). Digital maturity index: Accelerating digital adoption in the manufacturing industry. Available at <https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/docs/industries/energy-resources-industrials/2024/gx-digital-maturity-index.pdf>
22. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. Available at <https://www.iso.org/standard/27001>.
23. Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Penguin UK, 2017, 192.
24. OECD. (2021). *Digital Economy Outlook 2021*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/12345678-en>
25. Bley, K., Leyh, C., & Schäffer, T. (2016). *Digitization of German Enterprises in the Production Sector—Do they know how "digitized" they are?*. *Procedia Computer Science*, 91, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.060>

References

1. González-Varona, J. M., López-Paredes, A., Poza, D., & Acebes, F. (2021). Building and Development of an Organizational Competence for Digital Transformation in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(1), 15-24. <https://doi.org/10.3926/jiem.3279>
2. Sjödin, D., Parida, V., Kohtamäki, M., & Wincent, J. (2020). An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach. *Journal of Business Research*, 112, 478-491. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.009>
3. Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1-19. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
4. Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP–SWOT analysis for strategic planning and decision-making. *Symmetry*, 10(4), 116. <https://doi.org/10.3390/sym10040116>
5. Nadkarni, S., & Prügl, R. (2021). Digital transformation: A review, synthesis and opportunities for future research. *Management Review Quarterly*, 71(2), 233-341. <https://doi.org/10.1007/s11301-020-00185-7>
6. Bouncken, R. B., Qiu, Y., Sinkovics, N., & Kürsten, W. (2021). Qualitative research: extending the range with flexible pattern matching. *Review of Managerial Science*, 15(2), 251-273. <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00451-2>
7. Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Digital twin for smart manufacturing: A review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100017>

8. Uhlemann, T. H.-J., Schock, C., Lehmann, C., Freiburger, S., & Steinhilper, R. (2017). The Digital Twin: Demonstrating the Potential of Real Time Data Acquisition in Production Systems. *Procedia Manufacturing*, 9, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.043>
9. Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29(Part A), 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002>
10. Khimich, S. (2023). Methodological approaches to assessing the level of digital transformation of industrial enterprises. *Economic Bulletin of NTUU "Kyiv Polytechnical Institute"*, 27, 39-42. <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297217> (in Ukrainian).
11. Havrylenko, N. H. (2022). Methodology of Assessing the Innovative Potential of Industrial Enterprises in the Digital Economy. *The Problems of Economy*, 3, 112-120. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-3-112-120> (in Ukrainian).
12. Mikalef, P., Boura, M., Lekakos, G., & Krogstie, J. (2020). Big data analytics capabilities and firm performance: A systematic literature review. *British Journal of Management*, 31(2), 356-381. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12343>
13. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
14. Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
15. Sony, M., & Naik, S. (2020). Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. *Technology in Society*, 61, 101248. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>
16. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company, 336.
17. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Harvard Business Review Press, 304.
18. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
19. OECD. (2019). *Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264311992-en>
20. Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*. Available at <https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation>
21. Deloitte. (2023). Digital maturity index: Accelerating digital adoption in the manufacturing industry. Available at <https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/docs/industries/energy-resources-industrials/2024/gx-digital-maturity-index.pdf>
22. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. Available at <https://www.iso.org/standard/27001>
23. Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Penguin UK, 2017, 192.
24. OECD. (2021). *Digital Economy Outlook 2021*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/12345678-en>
25. Bley, K., Leyh, C., & Schäffer, T. (2016). *Digitization of German Enterprises in the Production Sector–Do they know how "digitized" they are?*. *Procedia Computer Science*, 91, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.060>