

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

КІСЬ СВЯТОСЛАВ ЮЛІАНОВИЧ

УДК: 658.5:004.9:004.8:004.42

ДИСЕРТАЦІЯ

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ «РОЗУМНИХ
ПІДПРИЄМСТВ» В УМОВАХ РОЗВИТКУ 4D-ІНДУСТРІЇ

073 – Менеджмент
07 – Управління та адміністрування

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ / Святослав КІСЬ /

Науковий керівник – Шпак Нестор Омелянович, доктор економічних наук,
професор

Львів – 2025

АНОТАЦІЯ

Кісь С. Ю. Формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 073 «Менеджмент» (07 – Управління та адміністрування). – Інститут економіки і менеджменту Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2025.

Актуальність теми дослідження полягає в необхідності адаптації сучасних підприємств до нових реалій бізнес-середовища, що формується під впливом цифровізації та індустріальної революції 4.0.

Сьогоднішні умови глобалізації та швидких технологічних змін вимагають трансформації традиційних бізнес-моделей у нові, що базуються на інтеграції фізичних і цифрових сфер діяльності підприємств. Одним із ключових аспектів такої трансформації є перехід до «розумних підприємств», де використання інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизації, роботизації та великих даних сприяє підвищенню ефективності операцій, гнучкості виробничих процесів та конкурентоспроможності.

Оскільки 4D-індустрія представляє новий етап розвитку промисловості, в якому відбувається злиття технологічних інновацій із виробничими процесами, формування систем менеджменту «розумних підприємств» є стратегічно важливим для забезпечення сталого розвитку бізнесу, покращення його адаптивності до зовнішніх змін та здатності швидко реагувати на нові виклики ринку. Водночас впровадження цифрових інновацій в усі аспекти діяльності підприємств є необхідною умовою для забезпечення їх економічної ефективності та конкурентних переваг у сучасному швидко змінюваному ринковому середовищі.

Результати дисертаційного дослідження є надзвичайно важливими не лише для наукової спільноти, але й для практиків у галузі управління, оскільки вони допоможуть визначити найефективніші підходи до впровадження сучасних управлінських систем на підприємствах та підвищити їх стійкість до змінних умов сучасного бізнес-середовища.

У першому розділі «Теоретичні і прикладні засади формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії», зокрема у підрозділі 1.1 «Економічний зміст «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії та характеристика їх типів» виокремлено фундаментальні ключові аспекти, які роблять підприємства «розумними» через дослідження підходів до трактування категорійно-понятійного апарату. Запропоновано типову структуру «розумного підприємства». Охарактеризовано основні типи «розумних підприємств»: цифрові (Digital), розумні (Smart), віртуальні (Virtual) і описано системи і технології, що притаманні для кожного із типів. Сформовано комплекс елементів процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства».

Дослідження змістового наповнення економічної сутності поняття «розумні підприємства» вітчизняними і зарубіжними теоретиками та практиками показало розмитість трактування та різні бачення науковців щодо категорійного апарату. Це стало вагомим підґрунтям для формування власного бачення: «розумне підприємство» – це підприємство, яке об'єднало фізичну та цифрову сфери у своїй операційній системі – інтегрує ключові аспекти «Smart» на кожному рівні організації бізнес-процесу, створюючи кіберфізичні системи, оснащені сенсорними, обчислювальними, активними та комунікаційними можливостями, надає дані, інформацію та послуги в локальне або хмарне середовище, щоб задовольнити мінливі вимоги та умови на підприємстві, у мережі постачання та потреби клієнтів.

Систематизація визначень допомогла виокремити різні ключові аспекти, на яких вчені роблять акцент уваги як на фундаменті «розумних підприємств»,

зокрема: використання мережевих технологій; повністю інтегровані корпоративні виробничі системи (в інформаційну систему); програмні засоби забезпечують основну діяльність підприємства; розумне організування (в контексті забезпечення функції організування із SMART підходом); оцифрування процесів.

Структуровано відмінні характеристики типів «розумного підприємства»: цифрові (Digital), розумні (Smart), віртуальні (Virtual) і описано системи і технології, що притаманні для кожного із типів.

Сформовано комплекс елементів процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємством». Кожен із наведених елементів є важливий, проте в сукупності ці елементи забезпечують синергетичний ефект у досягненні максимальної ефективності від цифрової трансформації.

У підрозділі 1.2 «Ключова роль Індустрії 4.0 в революційному індустріальному розвитку та її вплив на «розумні підприємства» досліджено революційний індустріальний розвиток та виокремлено досягнення і можливості, які давав кожен етап цього розвитку, зокрема акцент уваги зроблено на Індустрію 4.0. Вивчено еволюцію Індустрія 4.0 через дослідження підходів до трактування категорійно-понятійного апарату. Описано головні технології Індустрії 4.0. Виокремлено можливості та характерні особливості впровадження технологій Індустрії 4.0. Зроблено SWOT-аналіз діджиталізації вітчизняних підприємств в контексті розвитку Індустрії 4.0, який дав можливість констатувати, що вітчизняні підприємства мають значний потенціал, проте поки що спостерігається відсутність сприятливих умов на рівні держави.

Описано основні бар'єри на шляху діджиталізації вітчизняних підприємств. Наголошено, впровадження технологій Індустрії 4.0 наразі є ключовим завданням для українських підприємств, що працюють в умовах складної економіки та нестабільного ринку. Проте, Індустрія 4.0 відкриває перед бізнесом нові перспективи та сприяє якісним змінам, зокрема, підвищенню ефективності

роботи, збільшенню виробничої гнучкості, посиленню конкурентних переваг, а також формує базу для інтеграції українських підприємств у міжнародне бізнес-середовище. Виявлено значний потенціал для цифрової трансформації вітчизняного бізнесу.

У підрозділі 1.3 «Концептуальні засади формування системи менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії» наведено спрощену модель діяльності підприємства. Підприємства запроваджують нові технології, використовують резерви зменшення витрат, здійснюють автоматизацію процесів, підвищують кваліфікацію персоналу та запроваджують нові підходи та методи в управлінні. Наведено відмінності «розумного» підприємства від традиційного. Розроблено Процес цифрової трансформації підприємств в умовах індустрії 4.0. Сформовано зміни внутрішнього середовища організацій, викликані цифровою трансформацією бізнесу. Описано основні види трансформації бізнес-процесів, забезпечення їх цифровими рішеннями, переваги та особливості їх застосування. Розкрито особливості менеджменту розумних підприємств. Розроблено трансформацію бізнес-моделі підприємства в умовах Індустрії 4.0.

У другому розділі «Діагностика ефективності використання інструментів індустрії 4.0 вітчизняними підприємствами», зокрема у підрозділі 2.1 «Аналізування тенденцій розвитку та практичного застосування інструментів Індустрії 4.0», зокрема досліджено та проаналізовано зростаючі тенденції практичного використання різних інструментів Індустрії 4.0. Наведено аналіз впровадження, розвитку Індустрії 4.0 в економіку України за євроінтеграційних умов. Проаналізовано динаміку змін ключових індикаторів запровадження та розвитку Індустрії 4.0 в Україні протягом 2018-2021рр. Дослідження показали, що Україна входить до п'ятірки європейських країн, які створюють дві третини ІТ-доданої вартості в регіоні (разом з Румунією, Польщею, Чехією та Угорщиною). Виявлено, що вітчизняна ІТ-індустрія володіє значним потенціалом для впровадження своїх продуктів в українські підприємства. Це

відкриває нові можливості для підприємств, збільшує додану вартість їх продукції і створює можливості для експорту готових продуктів. Основна цінність не полягає в самому ІТ-продукті, а в можливостях, які він надає для розвитку і удосконалення бізнесу.

У підрозділі 2.2 «Діагностика використання ІТ-інструментарію на підприємствах Львівщини» проведено вибіркове опитування економічно активних підприємств у форматі онлайн-анкети для детального вивчення сучасних проблем цифровізації бізнес-процесів на підприємствах Львівської області. Виявлено, що промислові підприємства лідирують у впровадженні цифрових технологій (37,9 %). Найбільше підприємств (60,6%) зосереджено у Львівському районі. Саме компанії з досвідом роботи понад 10 років найактивніше впроваджують цифрові інновації. Середні підприємства (11–50 осіб) демонструють найбільшу активність у цифровізації (12,25%) та організації дистанційної роботи (6,6%), хоча 25,8% з них оцінюють рівень автоматизації як низький. Промисловість утримує провідні позиції у використанні ІТ: автоматизація, реінжиніринг та розширення застосування цифрових технологій активно інтегруються у виробничі процеси.

У підрозділі 2.3 «Моделювання оцінювання та класифікації підприємств на «цифрові», «розумні» та «віртуальні», в залежності від ступеня використання інструментів Індустрії 4.0.» розроблено п'ять шкал для оцінки рівня застосування ІТ-технологій на підприємствах: орієнтація на ІТ, цифрове підприємство, розумне підприємство, віртуальне підприємство та готовність керівництва й ІТ-інфраструктури. Ці шкали дозволяють класифікувати підприємства на «цифрові», «розумні» чи «віртуальні», а також визначати їхню готовність до впровадження технологій Індустрії 4.0. Практичною цінністю розроблених шкал є те, що вони є ефективним інструментом для аналізу цифрової зрілості підприємств, оцінки їхньої готовності до інновацій та стратегічного планування впровадження сучасних ІТ-рішень у діяльність компаній.

У третьому розділі «Розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності діяльності підприємств від використання інструментів Індустрії 4.0», зокрема підпункті 3.1. «Формування алгоритму зміни бізнес-моделі в процесі переходу від традиційного до розумного підприємства» розроблено алгоритм переходу від традиційного до розумного підприємства з використанням цифрових технологій. Практичне застосування цього алгоритму допоможе керівникам підприємств визначити чітку послідовність кроків, необхідних для успішної цифрової трансформації. Це дасть змогу уникнути хаотичних чи неефективних рішень та зосередитися на ключових етапах розвитку. Запропонований алгоритм стане основою для системного, обґрунтованого та результативного впровадження змін, сприяючи цифровізації бізнесу, підвищенню його продуктивності та відповідності сучасним вимогам.

У підпункті 3.2. «Моделювання впливу використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень загальної рентабельності їх діяльності» проведене моделювання підтвердило, що рівень використання ІТ-технологій впливає на загальну рентабельність діяльності вітчизняних підприємств, залежно від їхнього розміру. Розроблена SEM-модель дозволяє візуалізувати взаємозв'язки між ключовими змінними, допомагаючи визначити пріоритети для інвестицій у цифровізацію та розвиток ІТ-інфраструктури. Результати дослідження є важливими для керівників, оскільки надають інструменти для оцінки готовності підприємства до цифрової трансформації, оптимізації витрат і підвищення ефективності. Модель сприяє обґрунтованому прийняттю рішень щодо впровадження ІТ-технологій, що забезпечують стабільне зростання рентабельності.

У підпункті 3.3. «Розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних та віртуальних підприємств в умовах розвитку Індустрії 4.0» Розвинуто основні етапи формування стратегії розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств, зокрема розглянуто різні види стратегій цифрового розвитку підприємств, які впливають із концептуальних основ самого

підприємства: мети, місії, цілей, принципів, факторів впливу. На основі результатів проведеного SEM моделювання, розроблено матрицю стратегічних альтернатив для цифрових, розумних і віртуальних підприємств. Ця матриця дозволяє підприємствам вибрати відповідну стратегію розвитку, враховуючи технологічні можливості, потреби ринку та ресурсну базу, і таким чином підтримувати їх конкурентоспроможність в умовах Індустрії 4.0. Розроблені стратегії мають практичну цінність для розвитку цифрових, розумних і віртуальних підприємств, оскільки є вирішальним фактором для досягнення успіху в умовах Індустрії 4.0. Запропоновані стратегії, орієнтовані на інтеграцію новітніх технологій та гнучке управління, забезпечують підприємствам можливості для довгострокового зростання та підвищення їхньої конкурентоспроможності на глобальному ринку.

Ключові слова: Індустрія 4.0, ІТ-технології, розумні підприємства, віртуальні підприємства, цифрові підприємства, діджиталізація, цифровізація бізнесу, бізнес-модель, бібліометричний аналіз, факторний аналіз, модель Альфа Кронбаха.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Наукові праці, в яких опубліковано основні результати дисертації

1.1. Публікації, які індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus / Web of Science

1. N. Shpak, L. Maznyk, Z. Dvulit, K. Doroshkevych, N. Horbal and S. Kis, "Smart Contract as a Way to Exchange Digital Values in Blockchain," 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2021, pp. 403-406, doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648635. (Scopus) *(Особистий внесок автора: проведено SWOT-аналіз переваг, недоліків, можливостей і загроз технології блокчейн та досліджено особливості реалізації Smart Contract як способу обміну цифровими цінностями в Blockchain).*

2. Ohinok S., Gvozd M., Kis S., Prysiazhniuk Y. "Modeling the impact of digitalization on the development of smart systems of internet trade." In: Computer Sciences and Information Technologies: Materials of the 18th International Scientific and Technical Conference CSIT-2023 (Lviv, October 19-21, 2023). DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324237. (Scopus) *(Особистий внесок автора: обґрунтовано ключову роль цифровізації в розвитку Smart Systems, які є основою Інтернет-торгівлі. Наведено переваги Інтернет-торгівлі та значення її розвитку як важливої галузі економіки).*

1.2. Публікації у наукових фахових виданнях України

3. Шпак, Н., Кісь, С. (2022). Особливості формування системи менеджменту «розумними підприємствами». Економіка та суспільство, (42). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-51> *(Особистий внесок автора: охарактеризовано основні типи підприємств, в залежності від епіцентру діджитал-трансформацій, – «цифрові» (Digital), «розумні» (Smart) і «віртуальні» (Virtual) та виокремлено основні переваги підприємств, у яких відбулася цифрова трансформація бізнесу).*

4. Кісь С. Розвиток Індустрії 4.0: можливості та бар'єри для вітчизняних підприємств. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2022. Випуск 63. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/ves.2022.63.0>

5. Шпак Н., Кісь С. Трансформація систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку індустрії 4.0. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор». Випуск 2 (75) 2024. С. 380-385. *(Особистий внесок автора: описано процес цифрової трансформації підприємств в умовах індустрії 4.0. та схематично представлено зміни внутрішнього середовища організацій, викликаних цифровою трансформацією бізнесу та сформовано особливості менеджменту розумних підприємств).*

6. Шпак Н., Кісь С. Підходи до реалізації цифрової трансформації бізнес-процесів підприємства: управлінський аспект. Інтелект XXI № 2'2024. Ст. 88-94. *(Особистий внесок автора: представлено відмінності трактування сутності цифровізація, оцифрування та цифрова трансформація та розроблено алгоритм проведення цифрової трансформації підприємства,*

2. Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Шпак, Н., Кісь, С. Розвиток Індустрії 4.0: нові можливості та виклики для сучасних підприємств. Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції "Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи". (м. Київ, 08.12.2022р.) – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 292 с. *(Особистий внесок автора: сформовано переваги, які забезпечуюся внаслідок використання технологій, які визнані інструментами Індустрії 4.0).*

8. Шпак Н.О., Кісь С.Ю. «Розумне підприємство»: аналіз категорійного апарату. Тези доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції «Управління інноваційним процесом в Україні: напрями розвитку». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/mipu/abstracts-2022>, вільний. *(Особистий внесок автора: виокремлено та охарактеризовано компоненти розумних підприємств).*

9. Kis S.Y. Industry 4.0 and 5.0: a comparative aspect. Abstracts of international scientific-practical conference «current issues of economics, finance, management and law in modern conditions» January 10, 2023. Rivne, Ukraine – 2023. С. 68. *(Особистий внесок автора: наведено ключові відмінності між Індустрією 4.0 та 5.0.).*

10. Мельник Д., Кісь С., Остащук Р. Управління бізнес-проєктами в умовах підвищення конкурентоспроможності туристичних підприємств / Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих учених «Перспективи популяризації історичної спадщини та культурного туризму в Україні: досвід європейських країн», (м. Львів, 9-10 травня 2024 р.). *(Особистий внесок автора: виокремлено основні відмінності між бізнес-проєктами у туризмі та проєктами у інших галузях).*

SUMMARY

Kis S. - Formation of management systems for 'smart enterprises' under the development of 4D-Industry.

Dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 073 "Management" (07 – Management and Administration).
– Institute of Economics and Management, Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2025.

The relevance of the research topic lies in the need for modern enterprises to adapt to the new realities of the business environment, which is being formed under the influence of digitalization and the industrial revolution 4.0.

Today's conditions of globalization and rapid technological changes require the transformation of traditional business models into new ones based on the integration of physical and digital spheres of enterprise activity. One of the key aspects of such transformation is the transition to "smart enterprises", where the use of information and communication technologies, automation, robotization and big data contributes to increasing the efficiency of operations, flexibility of production processes and competitiveness.

Since the 4D industry represents a new stage of industrial development, in which technological innovations merge with production processes, the formation of "smart enterprise" management systems is strategically important for ensuring sustainable business development, improving its adaptability to external changes and the ability to quickly respond to new market challenges. At the same time, the introduction of digital innovations into all aspects of the activities of enterprises is a necessary condition for ensuring their economic efficiency and competitive advantages in the modern rapidly changing market environment.

The results of the dissertation research are extremely important not only for the scientific community, but also for practitioners in the field of management, as they will help to determine the most effective approaches to the implementation of modern

management systems at enterprises and increase their resilience to the changing conditions of the modern business environment.

In the first section "Theoretical and applied principles of the formation of management systems of "smart enterprises" in the conditions of the development of the 4D-Industry", in particular in subsection 1.1 "The economic content of "smart enterprises" in the conditions of the development of the 4D-industry and the characteristics of their types", fundamental key aspects that make enterprises "smart" are highlighted through the study of approaches to the interpretation of the categorical and conceptual apparatus. A typical structure of a "smart enterprise" is proposed. The main types of "smart enterprises" are characterized: digital (Digital), smart (Smart), virtual (Virtual) and the systems and technologies inherent in each of the types are described. A set of elements of the process of transition of a business entity to the level of "smart enterprise" is formed.

The study of the content of the economic essence of the concept of "smart enterprises" by domestic and foreign theorists and practitioners showed the vagueness of the interpretation and different visions of scientists regarding the categorical apparatus. This became a solid basis for forming our own vision: a "smart enterprise" is an enterprise that has combined the physical and digital spheres in its operating system - integrates key aspects of "Smart" at each level of the business process organization, creating cyber-physical systems equipped with sensory, computational, active and communication capabilities, provides data, information and services in a local or cloud environment to meet changing requirements and conditions at the enterprise, in the supply network and customer needs.

The systematization of definitions helped to highlight various key aspects that scientists emphasize as the foundation of "smart enterprises", in particular: the use of network technologies; fully integrated corporate production systems (into the information system); software tools that provide the main activity of the enterprise; smart organization (in the context of ensuring the organization function with the SMART approach); digitalization of processes.

The distinctive characteristics of the types of "smart enterprise" are structured: digital (Digital), smart (Smart), virtual (Virtual) and the systems and technologies inherent in each of the types are described.

A set of elements of the process of transition of a business entity to the level of "smart enterprise" is formed. Each of the above elements is important, but together these elements provide a synergistic effect in achieving maximum efficiency from digital transformation.

In subsection 1.2 "The key role of Industry 4.0 in revolutionary industrial development and its impact on "smart enterprises", revolutionary industrial development is investigated and the achievements and opportunities that each stage of this development provided are highlighted, in particular, the emphasis is placed on Industry 4.0. The evolution of Industry 4.0 is studied through the study of approaches to the interpretation of the categorical and conceptual apparatus. The main technologies of Industry 4.0 are described. The opportunities and characteristic features of the implementation of Industry 4.0 technologies are highlighted. A SWOT analysis of the digitalization of domestic enterprises in the context of the development of Industry 4.0 is carried out, which made it possible to state that domestic enterprises have significant potential, but so far there is a lack of favorable conditions at the state level. The main barriers to the digitalization of domestic enterprises are described. It was emphasized that the implementation of Industry 4.0 technologies is currently a key task for Ukrainian enterprises operating in

In subsection 1.3 "Conceptual principles for the formation of a management system for "smart enterprises" in the context of the development of the 4D industry", a simplified model of enterprise activity is presented. Enterprises introduce new technologies, use cost reduction reserves, automate processes, improve personnel qualifications and introduce new approaches and methods in management. The differences between a "smart" enterprise and a traditional one are presented. The Process of Digital Transformation of Enterprises in the Context of Industry 4.0 has been developed. Changes in the internal environment of organizations caused by the

digital transformation of business have been formed. The main types of business process transformation, their provision with digital solutions, advantages and features of their application are described. The features of smart enterprise management are revealed. The transformation of the enterprise business model in the conditions of Industry 4.0 is developed.

In the second section “Diagnostics of the effectiveness of the use of Industry 4.0 tools by domestic enterprises”, in particular in subsection 2.1 “Analysis of development trends and practical application of Industry 4.0 tools”, in particular, the growing trends in the practical use of various Industry 4.0 tools are investigated and analyzed. An analysis of the implementation and development of Industry 4.0 in the economy of Ukraine under European integration conditions is presented. The dynamics of changes in key indicators of the implementation and development of Industry 4.0 in Ukraine during 2018-2021 is analyzed. Studies have shown that Ukraine is among the top five European countries that create two-thirds of the IT added value in the region (along with Romania, Poland, the Czech Republic and Hungary). It was found that the domestic IT industry has significant potential for introducing its products into Ukrainian enterprises. This opens up new opportunities for enterprises, increases the added value of their products and creates opportunities for exporting finished products. The main value lies not in the IT product itself, but in the opportunities it provides for the development and improvement of business. In subsection 2.2 “Diagnostics of the use of IT tools at enterprises in the Lviv region”, a sample survey of economically active enterprises was conducted in the format of an online questionnaire to study in detail the current problems of digitalization of business processes at enterprises in the Lviv region. It was found that industrial enterprises are the leaders in the implementation of digital technologies (37.9%). The largest number of enterprises (60.6%) is concentrated in the Lviv district. It is companies with over 10 years of experience that are most actively implementing digital innovations. Medium-sized enterprises (11–50 people) demonstrate the greatest activity in digitalization (12.25%) and remote work (6.6%), although 25.8% of them assess the level of automation as

low. Industry holds leading positions in the use of IT: automation, reengineering and expansion of the use of digital technologies are actively integrated into production processes. In subsection 2.3 “Modeling the assessment and classification of enterprises into “digital”, “smart” and “virtual”, depending on the degree of use of Industry 4.0 tools.” five scales have been developed to assess the level of application of IT technologies in enterprises: IT orientation, digital enterprise, smart enterprise, virtual enterprise and readiness of management and IT infrastructure. These scales allow classifying enterprises into "digital", "smart" or "virtual", as well as determining their readiness to implement Industry 4.0 technologies. The practical value of the developed scales is that they are an effective tool for analyzing the digital maturity of enterprises, assessing their readiness for innovation and strategic planning for the implementation of modern IT solutions in the activities of companies. In the third section "Development of recommendations for increasing the efficiency of enterprises from the use of Industry 4.0 tools", in particular sub-section 3.1. "Formation of an algorithm for changing the business model in the process of transition from a traditional to a smart enterprise", an algorithm for the transition from a traditional to a smart enterprise using digital technologies has been developed. The practical application of this algorithm will help enterprise managers determine a clear sequence of steps necessary for successful digital transformation. This will allow avoiding chaotic or ineffective decisions and focusing on key stages of development. The proposed algorithm will become the basis for a systematic, well-founded and effective implementation of changes, contributing to the digitalization of business, increasing its productivity and compliance with modern requirements.

In sub-item 3.2. “Modeling the impact of the use of IT technologies by domestic enterprises on the level of overall profitability of their activities” The modeling confirmed that the level of use of IT technologies affects the overall profitability of domestic enterprises, depending on their size. The developed SEM model allows you to visualize the relationships between key variables, helping to determine priorities for investments in digitalization and the development of IT infrastructure. The results of

the study are important for managers, as they provide tools for assessing the readiness of the enterprise for digital transformation, optimizing costs and increasing efficiency. The model contributes to informed decision-making on the implementation of IT technologies that ensure stable growth in profitability.

In sub-item 3.3. "Development of development strategies for digital, smart and virtual enterprises in the context of Industry 4.0" The main stages of forming a development strategy for digital, smart and virtual enterprises have been developed, in particular, various types of digital development strategies for enterprises that arise from the conceptual foundations of the enterprise itself have been considered: goals, mission, objectives, principles, and influencing factors. Based on the results of the SEM modeling, a matrix of strategic alternatives for digital, smart and virtual enterprises has been developed. This matrix allows enterprises to choose an appropriate development strategy, taking into account technological capabilities, market needs, and resource base, and thus maintain their competitiveness in the context of Industry 4.0. The developed strategies have practical value for the development of digital, smart and virtual enterprises, as they are a decisive factor for achieving success in the context of Industry 4.0. The proposed strategies, focused on the integration of the latest technologies and flexible management, provide enterprises with opportunities for long-term growth and increasing their competitiveness in the global market.

Keywords: Industry 4.0, IT technologies, smart enterprises, virtual enterprises, digital enterprises, digitalization, business digitalization, business model, bibliometric analysis, factor analysis, Cronbach's Alpha model.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ «РОЗУМНИХ ПІДПРИЄМСТВ» В УМОВАХ РОЗВИТКУ 4D-ІНДУСТРІЇ	28
1.1. Економічна сутність «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії та характеристика їх типів.....	28
1.2. Розвиток 4D-Індустрії та її вплив на «розумні підприємства».....	45
1.3. Концептуальні засади формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії.....	60
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ	71
РОЗДІЛ II. ДІАГНОСТИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІНДУСТРІЇ 4.0 ВІТЧИЗНЯНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ....	73
2.1. Аналізування тенденцій розвитку та практичного застосування інструментів Індустрії 4.0.....	73
2.2. Діагностика використання ІТ-інструментарію на підприємствах Львівщини	84
2.3. Формування та обґрунтування шкал для класифікації підприємств на «цифрові», «розумні» та «віртуальні», в залежності від ступеня використання ними інструментів Індустрії 4.0.....	124
ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ	137
РОЗДІЛ III. РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІНДУСТРІЇ 4.0.....	139
3.1. Формування алгоритму зміни бізнес-моделі в процесі переходу від традиційного до розумного підприємства	139
3.2. Моделювання впливу використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень загальної рентабельності їх діяльності.....	150

3.3. Розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних та віртуальних підприємств в умовах застосування інструментарію Індустрії 4.0	167
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ	180
ВИСНОВКИ.....	182
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	182
ДОДАТКИ	204

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження зумовлена стрімкими змінами, що відбуваються у сучасному бізнес-середовищі. Адже підприємства зустрічаються із низкою викликів, які підштовхують їх до цифрової трансформації. Варто виокремити пандемію COVID-19 та російсько-українську війну, що спричинили економічну кризу та справжні випробування для усіх суб'єктів господарювання. Підвищення ступеня діджиталізації у всіх сферах, створює необхідність для переходу суб'єктів господарювання на смарт-рівень, тобто їх трансформації у «розумні підприємства». Розумні підприємства використовують новітні цифрові рішення, такі як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), великі дані та автоматизацію, для оптимізації внутрішніх процесів, підвищення продуктивності і створення інноваційних продуктів та послуг, і в кінцевому результаті – підвищення ефективності діяльності. В умовах зростаючої конкуренції на глобальних ринках і швидких змін у запитах споживачів, впровадження стратегій розвитку стає критично важливим.

Актуальність теми підкреслюється і глобальною цифровою трансформацією усіх сфер життя людей і соціальних процесів. Серед ключових факторів також можна виділити екосистемний підхід, роль людського інтелекту, розвиток інноваційних технологій, а також обмеженість ресурсів. Водночас орієнтація на досягнення цілей сталого розвитку стає важливою умовою для забезпечення гнучкості та підвищення ефективності підприємств. Саме цей комплекс викликів визначає необхідність впровадження цифрових змін, що дозволяє бізнесу адаптуватися до динамічних умов ринку та підтримувати конкурентоспроможність. Вагомий внесок у розвиток проблематики зробили як вітчизняні, так і зарубіжні вчені. Серед українських науковців – це Вишневський В., Гвоздь М., Дуляба Н., Завербний А., Зачосова Н., Князєв С., Кузьмін О., Кулиняк І. Мейтус В., Матяш М., Нікітін Ю., Огінок С., Перерва П., Прокопенко О., Чухрай Н., Шпак Н. Яцкевич І., Яцишина І. та багато інших. Серед зарубіжних науковців над проблематикою працювали Lucke D., Filos E.,

Constantinescu C., Westkämper E., Magnus Wiktorsson, Sang Do Noh, Monica Bellgran, Lars Hanson, H.S. Kang, J.Y. Lee, S. Choil, H. Kim, J.H. Park, J.Y. Son, B.H. Kim, and S.D. Noh, Amber Biela-Weyenberg та ін. Наукові доробки авторів розкривають різні аспекти проблематики. Вони розвивають змістове наповнення поняття «розумні підприємства», виокремлюють основні ключові їх аспекти, наводять характеристику типів «розумних підприємств», розділяючи їх на цифрові, розумні та віртуальні, в залежності від їх завдань та технологій, що лежать в основі кожного типу. Також вчені по-різному визначають поняття 4D-індустрії та Індустрія 4.0, інколи ототожнюючи їх. У межах даного дослідження описано особливості 4D-індустрії та практичну значущість використання інструментарію Індустрії 4.0. Слід підкреслити, що 4D-індустрія та Індустрія 4.0 — це різні за змістом поняття. У цьому дослідженні 4D-індустрія розглядається як ширше системне утворення, яке включає у себе концепти Індустрії 4.0, але також передбачає можливості моделювання, прогнозування й адаптації управлінських рішень у часовому вимірі (time dimension). Основну увагу в дослідженні приділено Індустрії 4.0 як основі цифровізації виробництва, впровадженню Інтернету речей, кіберфізичних систем і автоматизації, що є критично важливими для переходу підприємств до статусу «розумних». Разом із тим, ключовим напрямом є формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії, що дозволяє акцентувати увагу не лише на технологічних трансформаціях, а й на створенні нових цифрово-орієнтованих бізнес-моделей, адаптованих до викликів сучасного середовища.

Ґрунтуючись на вищевикладеному, подальшого розвитку потребують питання особливостей переходу вітчизняних підприємств на рівень «розумних», опис алгоритму такого переходу, дослідження ступеня використання цифрових технологій сучасними підприємствами, встановлення певних закономірностей в розрізі розміру підприємства та сфери його функціонування. Практичної значущості потребує дослідження зміни рентабельності підприємства від інвестицій у використання ним цифрових технологій. Отримані результати

будуть підґрунтям для розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних і віртуальних підприємств, адже це є вирішальним фактором для досягнення успіху в умовах Індустрії 4.0. Стратегії, орієнтовані на інтеграцію новітніх технологій та гнучке управління, забезпечують підприємствам можливості для довгострокового зростання та підвищення їхньої конкурентоспроможності на глобальному ринку, а це робить дане дослідження актуальним та важливим.

Зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами. Результати дисертації стали частиною виконання науково-дослідної роботи кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Національного університету «Львівська політехніка» за темою «Формування систем менеджменту розумних підприємств в умовах міжнародної діджиталізації та інтелектуалізації» (номер державної реєстрації 0120U100985).

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення теоретичних положень і практичних рекомендацій щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії.

Задля досягнення зазначеної мети, у роботі встановлено і розв'язано такі завдання:

- охарактеризувати семантичну сутність «розумних підприємств»;
- сформувати комплекс елементів процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства»;
- розвинути концептуальні засади перебудови системи менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії;
- розробити науково-методичний підхід щодо класифікації підприємств на цифрові, розумні та віртуальні, в залежності від ступеня використання інструментів Індустрії 4.0;
- сформувати алгоритм зміни бізнес-моделі в процесі переходу від традиційного до «розумного підприємства»;

- розробити SEM-модель впливу використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень загальної рентабельності їх діяльності;
- сформуувати матрицю стратегічних альтернатив для цифрових, розумних і віртуальних підприємств, яка дозволяє підприємствам вибрати відповідну стратегію розвитку, враховуючи технологічні можливості, потреби ринку та ресурсну базу.

Об'єктом дослідження є система менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії.

Предметом дослідження є теоретико-методичні положення і прикладні рекомендації щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії.

Методи дослідження. Для досягнення визначеної мети і розв'язання окреслених завдань у роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: порівняльного аналізу – для виявлення відмінностей між розумними, цифровими та віртуальними підприємствами (підр. 1.1); систематизації – для виокремлення ключових аспектів, на яких вчені роблять акцент уваги як на фундаменті «розумних підприємств» (підр. 1.1); для формування комплексу елементів процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства» (підр. 1.1); діалектичного і гносеологічного аналізу та узагальнення, які застосовано для формування концептуальних засад перебудови системи менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії (підр. 1.3), для формування алгоритму зміни бізнес-моделі в процесі переходу від традиційного до розумного підприємства (підр. 3.1) та розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних та віртуальних підприємств в умовах розвитку Індустрії 4.0 (підр. 3.3); статистичний аналіз – для виявлення тенденцій розвитку та використання інструментів 4-D Індустрії (підр. 2.1) та діагностики ефективності використання інструментів індустрії 4.0 вітчизняними підприємствами (підр. 2.2); багатовимірну методологію моделювання структурними рівняннями (Structural equation modeling) – для виявлення

взаємозв'язку та впливу впровадження цифрових технологій на загальну рентабельність діяльності підприємств Львівщини (підр. 3.2); соціометричний – для побудови шкал оцінювання та класифікації підприємств на «цифрові», «розумні» та «віртуальні», в залежності від ступеня використання інструментів Індустрії 4.0» (підр. 2.3); графічний (для наочного подання результатів дослідження) (підр. 3.1, 3.3.).

Інформаційною базою дослідження є наукові праці вітчизняних і зарубіжних дослідників з питань формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії, правові і нормативні акти України, статистичні дані Державної служби статистики України, дані Львівського обласного статистичного управління про результати господарської діяльності підприємств Львівщини.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку теоретичних положень, розробленні науково-методичних підходів та практичних рекомендацій щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії. Найвагомішими теоретичними й практичними результатами, що характеризують новизну дослідження і особистий внесок здобувача, є такі:

вперше:

- розроблено конструкції шкал для класифікації підприємств на «цифрові», «розумні» та «віртуальні», в залежності від ступеня використання ними інструментів Індустрії 4.0, що дає змогу оцінити рівень зрілості підприємств в контексті цифрової трансформації та визначити конкретні напрями для подальшого розвитку цифрових компетенцій з метою підвищення конкурентоспроможності, ефективності та адаптивності підприємств в умовах сучасного технологічного середовища;
- запропоновано науково-методичний підхід до оцінювання впливу використання ІТ-технологій та розміру підприємства на рівень загальної рентабельності його діяльності на основі SEM-моделі, що забезпечує

встановлення впливів між цими чинниками та дозволяє ідентифікувати ключові фактори ефективності підприємства та оптимізувати ресурси для досягнення сталого його розвитку в умовах цифрової трансформації.

удосконалено:

- змістове наповнення поняття «розумне підприємство», у ньому, на відміну від інших, семантична сутність побудована на ключових аспектах, які вчені виокремлюють як фундамент «розумних підприємств»;
- алгоритм переходу підприємства від традиційного до розумного, цифрового чи віртуального, який, на відміну від існуючих підходів, забезпечує системну та логічно послідовну цифрову трансформацію з урахуванням специфіки бізнес-процесів, сучасних тенденцій цифровізації та стратегічних цілей підприємства, що підвищує ефективність управлінських рішень і конкурентоспроможність у динамічному ринковому середовищі.

набули подальшого розвитку:

- характеристика типів розумних підприємств, яка відрізняється від наявних систематизацією та доповненням ознак «мета здійснення», «об'єкт здійснення», «масштаб змін» і «ризиків», що розширює можливості власників підприємств та менеджерів у виборі оптимальної моделі цифрової трансформації підприємства - «цифрові» (Digital), «розумні» (Smart) і «віртуальні» (Virtual);
- концептуальне підґрунтя формування систем менеджменту для «розумних підприємств» в умовах 4D-індустрії, зокрема процес цифрової трансформації підприємств в умовах Індустрії 4.0, яке передбачає схематизацію змін внутрішнього середовища організацій під впливом цифровізації, деталізацію трансформацій бізнес-процесів із урахуванням цифрових рішень та інтеграцію цифрових інструментів у управлінські процеси з урахуванням технологічних, організаційних і культурних аспектів, що забезпечує адаптивність і стійкий розвиток підприємств у цифрову епоху;

- матриця стратегічних альтернатив для цифрових, розумних і віртуальних підприємств, що, на відміну від існуючих підходів, інтегрує технологічні можливості, ресурсну базу та специфічні потреби ринку, забезпечуючи високий рівень адаптивності стратегій до динамічних умов глобального середовища та сприяючи підвищенню конкурентоспроможності підприємств у контексті Індустрії 4.0.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дисертаційної роботи полягають в узагальненні та розробленні нових наукових методичних положень щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії.

Результати виконаного дослідження щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії знайшли практичне застосування в управлінні діяльністю такими підприємствами: ЛФ АТ «УКРТЕЛЕКОМ» (довідка про впровадження № 07-02/03 від 07.02.2025 р.), ЛКП «ЛЬВІВЕЛЕКТРОТРАНС» (довідка про впровадження №1/359 від 10.04.2025р.).

Крім цього, результати дослідження використовуються в навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Цифровізація міжнародних бізнес-структур» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 073 «Менеджмент» (довідка № 67-01-582 від 30 квітня 2025 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею. Усі наукові результати, викладені в дисертації, одержані автором особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у роботі використано лише ті положення та ідеї, що становлять індивідуальний внесок автора.

Апробація результатів роботи. Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи оприлюднювалися та обговорювалися і були схвалені на методичних семінарах кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Інституту економіки і менеджменту Національного університету «Львівська

політехніка», а також доповідалися на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях: "Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи" (м. Київ, 2022р.); «Управління інноваційним процесом в Україні: напрями розвитку» (м. Львів, 2022р.); «Current issues of economics, finance, management and law in modern conditions» (м. Рівне, 2023р.); "Modeling the impact of digitalization on the development of smart systems of internet trade" (м. Львів, 2023 р.); «Перспективи популяризації історичної спадщини та культурного туризму в Україні: досвід європейських країн», (м. Львів, 2024 р.).

Публікації. . За темою дисертації опубліковано 10 наукових праць, серед яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у виданнях, які індексуються у міжнародній наукометричній базі даних Scopus та 4 тези і матеріали доповідей за результатами участі у всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Основний зміст роботи викладено на 203 сторінках і охоплює 44 таблиці, 45 рисунків, список використаних наукових і літературних джерел складається із 150 найменувань, а також 4 додатків.

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ «РОЗУМНИХ ПІДПРИЄМСТВ» В УМОВАХ РОЗВИТКУ 4D-ІНДУСТРІЇ

1.1. Економічна сутність «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії та характеристика їх типів

Сьогодні тема розвитку 4D-індустрії набуває теоретичної і практичної актуальності. Такий інтерес до цієї проблематики пояснюється тим, що ключовим продуктом 4D-індустрії є «розумні підприємства». Концепція таких підприємств передбачає перехід на нову модель ведення бізнесу. Фундаментом такої моделі є злиття фізичної та цифрової сфер в операційній системі бізнес-структур. Активне використання інструментів та технологій Індустрії 4.0, які забезпечують згадану вище цифрову сферу, дає нові можливості для розвитку діяльності підприємств, допомагає підвищити ефективність господарювання, забезпечує адаптивність та гнучкість до викликів зовнішнього середовища і сприяє підвищенню їх конкурентоспроможності. Це надважливо сьогодні, адже глобалізаційні процеси, які спостерігаються, стали генератором появи нових технологій та інструментів для ефективного ведення бізнесу, що базуються на діджитал-трансформації.

Сучасним підприємствам стає дедалі складніше функціонувати у бізнес-середовищі, яке відзначається пришвидшеним розвитком усіх процесів його структурних елементів: змінами у смаках споживачів, розвитком інновацій, переорієнтацією на автоматизацію й роботизацію процесів, появою нових конкурентів і т.п. Для того, щоб успішно функціонувати у цих мінливих та динамічних умовах, необхідно побудувати таку культуру та систему бізнесу, яка базуватиметься на впровадженні інновацій та використанні прогресивних інформаційно-комунікаційних технологій, що забезпечуватиме суб'єкту господарювання економічну ефективність, високу продуктивність та

конкурентоспроможність. Тобто мова йде про те, що вимогою часу та життєвою необхідністю стає сьогодні, в час діджиталізації, трансформація вітчизняних суб'єктів господарювання, які роками не змінювали свої системи менеджменту, у «розумні підприємства» [37].

Досліджуючи змістове наповнення економічної сутності поняття «розумні підприємства», відзначимо, що в площині проблематики працювали як науковці, так і практики. Серед вітчизняних вчених вагомий внесок зробили: В. Вишневський, А. Завербний, Н. Зачосова, Н. Дуляба, О. Кузьмін, В. Мейтус, М. Мятяш, Ю. Нікітін, П. Перерва, О. Прокопенко, Н. Шпак, І. Яцкевич, І. Яцишина [2, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 22, 26, 40, 43, 44, 124] та інші. Серед зарубіжних науковців над проблематикою працювали Lucke D., Filos E., Constantinescu C., Westkämper E., Magnus Wiktorsson, Sang Do Noh, Monica Bellgran, Lars Hanson, H.S. Kang, J.Y. Lee, S. Cho, H. Kim, J.H. Park, J.Y. Son, B.H. Kim, and S.D. Noh, Amber Biela-Weyenberg [75, 89, 100, 104, 107] та інші. Кожен із науковців розвивав різні вектори даної проблематики, що безпосередньо відобразилося на різноаспектності трактування поняття. Вагомі практичні аспекти розкриваються в інтернет-джерелах консалтингових компаній, які забезпечують підприємствам перехід на новий високо-технологічний рівень функціонування [34, 124]. Також вивченням «розумних підприємств» займаються окремі наукові інституції, зокрема: Штутгартський університет здійснює пошуки методологічних обґрунтувань такого явища; прикладні аспекти досліджує міжнародна консалтингова компанія McKinsey; в Україні перші кроки щодо особливостей впровадження та перспективи розвитку смарт-промисловості вивчає громадська організація Рух «Індустрія 4.0 в Україні» [44].

Проте варто підкреслити, що на сьогодні немає єдиного бачення щодо трактування терміну «розумне підприємство». Різні науковці по різному розкривають дане поняття, при цьому кардинально змінюючи акценти уваги. Це зумовило необхідність ґрунтовнішого вивчення трактування цього поняття

вітчизняними і зарубіжними вченими та організаціями. Результати проведеного літературного аналізу представлено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Трактування поняття «розумні підприємства» вітчизняними та зарубіжними вченими і організаціями

№ з/п	Автор(и)	Змістове наповнення поняття «розумні підприємства»	Джерело
1	Вишневецький В.П., Князєв С.І.	це максимально інтенсивне і всеосяжне використання мережевих інформаційних технологій і кіберфізичних систем на всіх етапах виробництва продукції та її постачання.	Вишневецький В.П., Князєв С.І. Смарт промисловість: перспективи і проблеми. Економіка України. 2017. №7. С. 22-37. [2].
2	Мейтус В.Ю.	це підприємство, в основу діяльності якого покладена просторово-часова інформаційна модель як самого підприємства, так і складових процесів, які виконуються на ньому. Побудована модель визначає інформаційне (цифрове) уявлення і служить основою аналізу і управління діяльністю підприємства.	Мейтус В.Ю. Розумні підприємства – основа цифрової економіки / Мейтус В.Ю. // Матеріали круглого столу "Нейронауки та когнітивні системи в економіці" (НаУКМА, 19 лютого 2019 р.) / упоряд. О.В. Гуменна; Національний університет "Києво-Могилянська академія", Факультет економічних наук, Кафедра маркетингу та управління бізнесом. – Київ: НаУКМА, 2019. – С. 19-22. [18].
3	Максим Матяш (директор SAP Ukraine)	це управлінський підхід, який заохочує використання нових технологій для розвитку бізнесу компанії. Він передбачає, що процес роботи має бути таким же бездоганним, як і продукт, отриманий в результаті цієї праці. Йдеться про використання в роботі штучного інтелекту, машинного навчання, інтернету речей – усіх тих новітніх технологій, що допомагають працювати ефективніше.	Що таке «розумне підприємство»? Електронний ресурс /Режим доступу: https://biz.nv.ua/ukr/experts/shcho-to-take-rozumne-pidpriemstvo-50012186.html [17]
4	Яцкевич І.В., Маслій Н.Д.	це гнучка виробнича бізнес-система, яка використовує безперервний потік даних з підключених операцій і виробничих систем для навчання й адаптації до нового бізнес-середовища].	Яцкевич І.В., Маслій Н.Д. «Розумні фабрики» як перспективний напрям цифровізації підприємств. Бізнес інформ, 2021, с. 363-367 [43].
5	Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E.	це система виробництва, здатна враховувати контекст і допомагати людям та машинам у вирішенні їх	Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E. Smart Factory – A Step towards the Next Generation

№ з/п	Автор(и)	Змістове наповнення поняття «розумні підприємства»	Джерело
		завдань завдяки масштабному впровадженню інформаційно-комунікаційних технологій у систему управління робочим процесом	of Manufacturing. In: Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier. 2008. P. 115-118. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84800-267-8_23 [104].
6	Magnus Wiktorsson, Sang Do Noh, Monica Bellgran, Lars Hanson	це сукупність передових технологій, які підтримують ефективне та точне прийняття рішень у режимі реального часу завдяки конвергенції ІКТ з існуючими стратегіями та технологіями в проектуванні, розробці та експлуатації виробництва.	Magnus Wiktorsson, Sang Do Noh, Monica Bellgran, Lars Hanson. Smart Factories: South Korean and Swedish examples on manufacturing settings, Procedia Manufacturing, Volume 25, 2018, pp. 471-478, ISSN 2351-9789, https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.128 [107]
7	Південно корейська «Стратегія 3.0»	це виробнича система, у якій весь бізнес, процеси планування, проектування, виробництва, розподілу та збуту автоматизовані, пов'язані та інтегровані різними інформаційно-комунікаційними технологіями. Вона може виробляти персоналізовані продукти клієнтам із задовільним часом, вартістю і якістю.	H.S. Kang, J.Y. Lee, S. Choi, H. Kim, J.H. Park, J.Y. Son, B.H. Kim, and S.D. Noh, (2016), Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 3(1): 111-128. [89].
8	Amber Biela-Weyenberg	використовує взаємопов'язані системи та обладнання для генерування даних, часто в реальному часі, щоб покращити наскрізні виробничі процеси та допомогти операторам машин, керівникам ліній, інженерам, керівникам компаній та іншим приймати кращі рішення. Розумні машини та пристрої також генерують дані про власний стан, щоб можна було проводити технічне обслуговування, перш ніж вони вийдуть з ладу.	Amber Biela-Weyenberg. What Is a Smart Factory and Smart Manufacturing? URL: https://www.oracle.com/nl/industrial-manufacturing/smart-factory-and-smart-manufacturing/ [51]
9	Національний інститут стандартів і технологій США (NIST)	це повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, які здатні в реальному масштабі часу реагувати на мінливі умови виробництва, вимоги мереж поставок і задовольняти потреби клієнтів.	Manufacturing Tomorrow. Online Trade Magazine - Industry 4.0 Advanced Manufacturing and Factory Automation. URL: manufacturing--the-smart-factory/9166 [108]

Результати аналізування літературних джерел, що представлені в табл. 1.1 показали, що на сьогодні поняття «розумне підприємство» є досить розмите як в теоретичному, так і в практичному аспектах, оскільки перебуває на етапі

зародження. Немає єдиного бачення науковців щодо категорійного апарату, а на практиці іноді цим терміном називають процес автоматизації виробничих та управлінських процесів, активне впровадження технологічних інновацій, роботизацію будь-яких процесів і т.п. У дисертаційному дослідженні виокремлено різні ключові аспекти, на яких вчені роблять акцент уваги як на фундаменті «розумних підприємств» (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Виокремлення вченими фундаментальних ключових аспектів, які роблять підприємства «розумними»

Ключові аспекти «розумних» підприємств	А	Б	В	Г	Д	Авторське трактування терміну «розумне підприємство» з підкресленням ключових аспектів
А Використання мережевих технологій	✓					Комплексна мережа всіх компонентів автоматизації, машин, процесів і даних продукту – від розробки, виробництва до переробки дозволяє здійснювати цифрове управління життєвим циклом, створювати динамічне виробниче середовище, направлене на зниження витрат при одночасному підвищенні якості, надійності та досягнення успіху на конкурентних динамічних ринках [72]
Б Повністю інтегровані корпоративні виробничі системи (в інформаційну систему)		✓				Розумне виробництво – повністю інтегровані, спільні, виробничі системи, які реагують у режимі реального часу для задоволення змінних вимог та умов на підприємстві, в мережах постачання та потребах клієнтів [120]
В Програмні засоби забезпечують основну діяльність підприємства			✓			Розумне виробництво виходить за рамки простої автоматизації за рахунок застосування програм штучного інтелекту, кіберфізичних систем, які можуть поєднувати фізичні машини та бізнес-процеси, автоматизуючи рішення, що зазвичай роблять люди, інтегруючи ланцюг постачання через взаємопов'язаний ІТ ландшафт, принципово змінюючи виробничі процеси та посилюючи відносини із постачальниками і клієнтами [120]
Г Розумне організування (в контексті забезпечення функції організування із SMART підходом)	✓		✓	✓		Комбінація Г-А Розумна організація, яка керується знаннями, використовує Інтернет, динамічно адаптується до нових організаційних форм і практик, навчається, гнучка у можливості створювати та використовувати можливості, які пропонує нова економіка та об'єднується в трьох вимірах: мережа знань, ІТ мережа та організаційна мережа. [75]

Ключові аспекти «розумних» підприємств	А	Б	В	Г	Д	Авторське трактування терміну «розумне підприємство» з підкресленням ключових аспектів
						Комбінація Г-В Організаційна та керуюча діяльність на «розумних підприємствах» передбачає перманентний аналіз інформації, що надходить в систему управління як із зовнішнього середовища, так і з внутрішньої структури РП, яка визначається складовими елементами всіх процесів, які виконуються на підприємстві. [17] Комбінація Г-Г Розумна організація – це розумна група людей, діяльність яких свідомо координується для досягнення спільних цілей у будь-яких змінах зовнішнього середовища, використовуючи колективний досвід і вміння динамічно розвивати необхідну компетентність для створення нових знань та впровадження розумних інновацій із застосуванням розумного менеджменту та цифрових технологій, які об'єднуються в трьох вимірах: мережа знань, ІТ мережа та організаційна мережа. [22]
Д Оцифрування процесів					✓	«Розумне підприємство» – цифрова компанія, де в «цифру» переводяться процеси, що не потребують людини, і базуються на неформальній логіці. Оцифровка процесів позбавляє працівників від рутини і всі співробітники компанії займаються творчою діяльністю, а роль людської діяльності в компанії не знижується, а навпаки зростає. [22]

* розроблено автором

В табл. 1.2 представлено погляди та наукові обґрунтування різних вчених щодо ключових аспектів, які роблять підприємства «розумними». Опрацювання літературних джерел показало, що спостерігаються розбіжності у розумінні і трактуванні різними вченими категорійного апарату, що лежить в основі досліджуваної проблематики. Зокрема, Нікітін Ю. і Кульчицький О., розвиваючи підходи нових принципів менеджменту у цифровій економіці, у своїй праці «SMART» парадигма як основа визначення: розумна організація,

розумна компанія, розумна фабрика» [22] виокремлюють ці три поняття, які в назві роботи згадані та наголошують на їх відмінностях, зокрема:

- «Розумна організація – це розумна група людей, діяльність яких свідомо координується для досягнення спільних цілей у будь-яких змінах зовнішнього середовища, використовуючи колективний досвід і вміння динамічно розвивати необхідну компетентність для створення нових знань та впровадження розумних інновацій із застосуванням розумного менеджменту та цифрових технологій, які об'єднуються в трьох вимірах: мережа знань, ІТ-мережа та організаційна мережа» [22];
- «Розумна компанія – це розумна група мобільних людей, яка має розумні робочі місця та мобільні бізнес-інструменти, діяльність яких свідомо координується для одержання прибутку у будь-яких змінах зовнішнього середовища, використовуючи колективний досвід і вміння розвивати необхідну компетентність для створення нових знань та впровадження розумних інновацій із застосуванням розумного менеджменту та цифрових технологій, які об'єднуються в трьох вимірах: мережа знань, ІТ-мережа та організаційна мережа» [22];
- «Розумна фабрика – це розумне виробництво, яке визначає розумне виконання комбінації виробничих, інформаційних та комунікаційних бізнес процесів розумною групою персоналу, яка має розумні робочі місця, використовує колективний досвід та вміння розвивати необхідну компетентність для розумного виробництва продукції із застосуванням розумного менеджменту та цифрових технологій, які об'єднуються в трьох вимірах: мережа знань, ІТ-мережа та організаційна мережа» [22].

У свою чергу авторка Amber Biela-Weyenberge у своїй праці «What is a Smart Factory and Smart Manufacturing?» [108] виокремлює «розумну фабрику» та «розумне виробництво». Авторка описує «розумну фабрику» як таку, що використовує взаємопов'язані системи та обладнання для генерування даних, часто в режимі реального часу, щоб покращити наскрізні виробничі процеси та

допомогти операторам машин, керівникам ліній, інженерам, керівникам компаній та іншим приймати кращі рішення. Розумні фабрики є реальним проявом ширшої концепції «розумного виробництва» – концепції використання технологій для координації фізичних і цифрових процесів на заводах і в усьому виробничому ланцюжку поставок. Ці процеси включають постачання матеріалів, логістику, виробництво та утилізацію.

Хоча терміни розумне виробництво та розумні фабрики часто використовуються як синоніми, вони різні. Розумне виробництво – це концепція використання передових підключених технологій для координації фізичних і цифрових процесів на підприємствах і в усьому ланцюжку постачання для підвищення ефективності. Розумні фабрики втілюють цю ідею на практиці, використовуючи дані, зібрані з мережевого обладнання з вбудованими датчиками, відомого як промисловий Інтернет речей (IIoT), у поєднанні з роботами та автоматизованими складальними лініями. Наприклад, розумна фабрика може завчасно виявити потенційні помилки виробництва за допомогою датчиків, вбудованих у машини та підключених до них, і наказати роботу втрутитися, перш ніж виникне проблема. Такі технологічні досягнення сприяють четвертій промисловій революції, яку зазвичай називають Індустрія 4.0.

Кінцевою метою розумної фабрики є прискорення процесів і усунення помилок. Навіть за розумної автоматизації виробництва люди все ще відіграють важливу роль. Оператори лінії, наприклад, можуть відстежувати виробничі дані на мобільному пристрої та вирішувати завантажувати машину по-різному на основі даних, допомагаючи покращити продуктивність машини або всієї виробничої лінії.

Проведене вище дослідження стало вагомим підґрунтям для формування власного бачення щодо змістового наповнення поняття «розумне підприємство»: це підприємство, яке об'єднало фізичну та цифрову сфери у своїй операційній системі – інтегрує ключові аспекти «Smart» на кожному рівні організації бізнес-процесу, створюючи кіберфізичні системи, оснащені сенсорними,

обчислювальними, активними та комунікаційними можливостями, надає дані, інформацію та послуги в локальне або хмарне середовище щоб задовольнити мінливі вимоги та умови на підприємстві, у мережі постачання та потреби клієнтів [41]. Ключовою особливістю кіберфізичних систем є те, що ІКТ-система розроблена разом із фізичними компонентами для максимізації загальної ефективності і її необов'язково вбудовувати в кожен фізичний компонент. Виробничі процеси високо цифровізовані, а виробничі потужності, машини та логістичні системи взаємопов'язані та самостійні – керовані без втручання людини. Виходячи із сформульованого авторського визначення представимо зображення типової структури «розумного підприємства» (рис. 1.1).

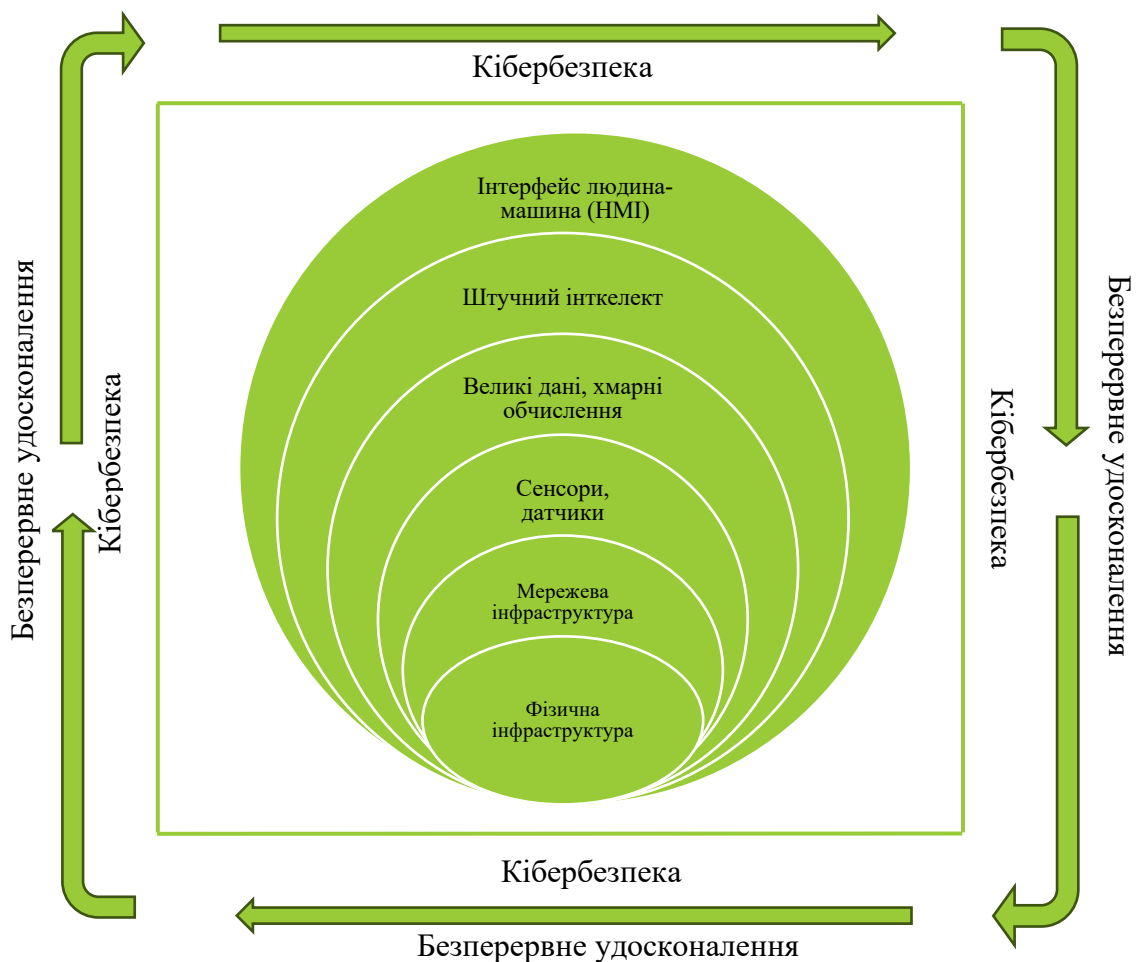


Рис. 1.1. Типова структура «розумного підприємства»

*розроблено автором

Кожен компонент, що представлено на рис. 1.1 відіграє важливу роль у загальному функціонуванні та ефективності «розумного підприємства»,

сприяючи його здатності до автономності, оптимізації процесів та адаптації до мінливих умов.

Розглядання можливості переведення діяльності підприємства на смарт рівень є ключовим етапом для управлінського персоналу, оскільки воно спрямовує стратегію підприємства на інноваційний шлях розвитку. Науковець Мейтус В.Ю зазначив: «Перехід на рівень «розумного підприємства» змістовно означає зміну ролей. Якщо у промисловому розвитку людина займала ключову роль, як управлінець і виконавець, то сьогодні спостерігається перехід до нового виду підприємства, в якому основну роль відіграє інформаційна модель разом з сукупністю програмних і аналітичних засобів, що забезпечують виконання основних процесів і підтримку можливостей підприємства до виконання основних функцій. Підприємство стає «розумним» оскільки на його «інтелект» перекладаються всі проміжні операції, які раніше були прерогативою людини» [18].

Вагомий внесок в розвиток поняття робить Е. Філос, координатор ІКТ-проектів в сьомій рамковій програмі Європейського Союзу з науково-технічного співробітництва, який розділяє «розумні підприємства» на три основних типи, в залежності від епіцентру основних змін, – «цифрові» (Digital), «розумні» (Smart) і «віртуальні» (Virtual) [74]. Кожен із цих типів підприємств розкриває ключові характерні особливості за допомогою використання відповідного програмного забезпечення, яке орієнтоване на виконання конкретних завдань та досягнення цілей (табл. 1.3).

Враховуючи вище викладене, доцільно зазначити, що цифрову трансформацію підприємства можна здійснювати як у широкому масштабі — охоплюючи всю його діяльність, так і частково — стосовно окремих бізнес-процесів. Незалежно від обраного рівня, цифровізація сприяє формуванню гнучкої, адаптивної, стійкої та орієнтованої на клієнта організації, яка демонструє високу економічну ефективність, забезпечує покращення якості послуг за допомогою сучасних бізнес-додатків, збільшує клієнтську базу, розширює асортимент і номенклатуру продукції, а також масштаби діяльності.

Таблиця 1.3

Характеристика типів «розумного підприємства»

	Цифрові (Digital)	Розумні (Smart)	Віртуальні (Virtual)
Характеристика	передбачають розробку моделей, що випускаються з використанням засобів цифрового проектування і моделювання. Названі засоби починають використовувати ще на стадії досліджень і розробок, а закінчують створенням «цифрового макета» (Digital Mock-Up, DMU), «цифрового двійника» (Digital Twin), дослідницького зразка, випуском дрібної серії або окремих виробів, кастомізованих під вимоги замовника	націлені на серійний випуск виробів, при збереженні максимальної гнучкості виробництва. Забезпечується це завдяки високому рівню автоматизації і роботизації підприємства. Виробничі активи підприємства, забезпеченого датчиками і засобами зв'язку, що працюють по протоколу IPv6, здатні випускати продукцію без участі людини.	це мережа цифрових і «розумних» підприємств, в яку включені також постачальники матеріалів, компонентів і послуг. Дозволяють розробляти і використовувати віртуальну модель всіх організаційних, технологічних, логістичних та інших процесів, що проходять не тільки на підприємстві, але на рівні розподілених виробничих активів і глобальних ланцюжків постачань, аж до післяпродажного обслуговування.
Системи та технології	система автоматизованого проектування – САПР (CAD/CAM/CAE) система управління даними про виріб – PDM (Product Data Management) прикладне програмне забезпечення для управління життєвим циклом продукції – PLM (Product Lifecycle Management) Верстати з ЧПУ	автоматизована система управління технологічними процесами синхронне планування виробництва – APS (Advanced Planning and Scheduling) система управління виробничими процесами – MES (Manufacturing Execution System) промисловий інтернет речей – IIoT (Industrial Internet of Things) великі дані – (Big Data)	планування ресурсів підприємства – ERP (Enterprise Resource Planning) система управління взаємовідносинами з клієнтами – CRM (Customer Relationship Management) управління ланцюжками постачання – SCM (Supply Chain Management)
Мета здійснення	підвищення ефективності всіх етапів життєвого циклу продукту: від досліджень і розробок до випуску кінцевої продукції. Зокрема, це передбачає скорочення часу розробки, оптимізацію ресурсів, підвищення якості продукту, гнучкість у виконанні замовлень та можливість кастомізації продуктів відповідно до вимог замовника.	підвищення продуктивності та ефективності виробництва при збереженні гнучкості, що дозволяє швидко адаптуватися до змін у попиті та впроваджувати кастомізовані рішення.	оптимізація взаємодії між всіма учасниками виробничо-логістичного ланцюга – від постачальників сировини до післяпродажного обслуговування кінцевих споживачів. Це дозволяє покращити координацію, знизити витрати, підвищити гнучкість і адаптивність, швидко реагувати на ринкові зміни.

Продовження табл. 1.3.

Об'єкт здійснення	Об'єктом застосування є виробничі процеси підприємств, пов'язані з розробкою, тестуванням, оптимізацією та виробництвом нових продуктів. Це включає дослідницькі підрозділи, відділи проектування, інженерні служби та виробничі лінії, що впроваджують технології цифрового проектування і моделювання.	Об'єктом реалізації є виробничі процеси та активи підприємства, включаючи обладнання, роботизовані системи, датчики, аналітичні платформи та мережеві засоби зв'язку, що забезпечують обмін даними і координацію дій без участі людини.	Об'єктом реалізації є інтегрована мережа виробничих та логістичних активів, що включає цифрові й «розумні» підприємства, постачальників матеріалів і компонентів, логістичні компанії, а також системи післяпродажного обслуговування. Всі учасники віртуального підприємства пов'язані через спільну цифрову модель, яка відображає організаційні, технологічні, логістичні та інші процеси.
Масштаб змін	Масштаб змін є комплексним і охоплює весь життєвий цикл продукту: від розробки та випробувань до масового виробництва й обслуговування. Впровадження таких технологій може змінювати весь підхід до розробки продукції, створюючи повноцінну екосистему, де різні цифрові моделі (DMU, Digital Twin) дозволяють віртуально тестувати і вдосконалювати продукти до їх фізичного виробництва.	Масштаб змін є глибоким і системним, оскільки «розумне підприємство» повністю трансформує традиційні виробничі процеси. Впровадження автоматизованих та роботизованих рішень на основі протоколів зв'язку IPv6 забезпечує безперервну роботу підприємства з мінімальним залученням людських ресурсів.	Масштаб змін є глобальним, оскільки віртуальні підприємства об'єднують розподілені виробничі ресурси й активи, забезпечуючи управління та контроль над процесами на різних рівнях ланцюга постачань. Це дозволяє створювати та використовувати цифрові двійники для всього виробничо-логістичного процесу, що охоплює постачання сировини, виробництво, логістику, зберігання та обслуговування.
Ризики	• Технічні ризики: Помилки в цифрових моделях можуть призвести до дефектів у кінцевому продукті, особливо при недостатньо точному моделюванні. • Фінансові ризики: Впровадження цифрових технологій вимагає значних інвестицій у сучасне обладнання, програмне забезпечення та навчання персоналу.	• Значні початкові інвестиції: Автоматизація та роботизація вимагають суттєвих фінансових вкладень на придбання обладнання, інтеграцію технологій, навчання персоналу та підтримку інфраструктури. • Кібербезпека: З'єднання обладнання в єдину мережу з протоколом IPv6	• Складність інтеграції: Інтеграція різних компаній та виробничих активів у єдину цифрову модель є технічно складним процесом, який вимагає великих витрат, часу та висококваліфікованих фахівців. • Залежність від інформаційних технологій: Будь-які технічні збої, збої в мережі або атаки на ІТ-системи можуть серйозно

Закінчення табл. 1.3.

Ризики	• Кібербезпека: Оскільки цифрові моделі можуть містити критичну інформацію про продукт, зростає ризик кібератак і крадіжки даних. • Організаційні ризики: Перехід на нові цифрові процеси вимагає перебудови існуючих бізнес-процесів, що може спричинити опір з боку співробітників або призвести до порушення звичного ритму роботи.	збільшує ризик кібератак, які можуть призвести до збоїв у виробництві або втрати чутливих даних. • Залежність від технологій: Системи, що працюють без участі людини, є вразливими до технічних збоїв. Будь-які збої в роботі мережі чи обладнання можуть призвести до зупинки виробництва та значних фінансових втрат. • Складність обслуговування та налаштування: Автоматизовані системи потребують спеціалізованого обслуговування, а їх налаштування і технічна підтримка вимагають висококваліфікованих фахівців, що може бути додатковим фінансовим та організаційним навантаженням для підприємства. • Соціальні ризики: Мінімізація участі людини у виробничих процесах може призвести до скорочення робочих місць	вплинути на функціонування всієї системи, призвести до зупинки виробництва та порушення ланцюга постачань. • Кібербезпека: Віртуальні підприємства з'єднують велику кількість учасників через цифрову інфраструктуру, що збільшує ризик кіберзагроз і витоку конфіденційної інформації. • Складність управління та контролю: Керування такою комплексною системою потребує високої координації та відповідного рівня управлінської компетенції, що може бути важким завданням для підприємств, особливо при різних рівнях розвитку технологічних можливостей у партнерів. • Нестабільність у партнерській мережі: Зміни в умовах ринку або фінансова нестабільність учасників ланцюга постачань можуть негативно вплинути на функціонування всієї мережі віртуального підприємства, що створює додаткові ризики для бізнесу.
--------	---	---	--

*Розвинуто автором на основі [74].

Всі ці переваги досягаються для підприємства, яке є частиною зовнішнього бізнес-середовища. Мова йде про те, що при створенні виробництва за новою схемою побудови, що реалізується в «розумному підприємстві», відбувається оновлення не тільки самих технологій і принципів організації роботи, а також систем управління підприємством, глобальне розширення його інформаційної сфери та внесок в розвиток галузі та економіку тієї області, з якою пов'язана робота підприємства. Це й є основним результатом очікуваних змін, які визначають новий рівень промислового розвитку людства [108].

Процес переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства» є складним, тривалим і дороговартісним. Проте, ключовою щодо створення розумного підприємства є правильна стратегія цифрової трансформації, тобто ефективна перебудова бізнесу, орієнтованого на комплексне використання ІТ, що ефективно оптимізує бізнес-процеси. Наведемо ключові елементи для забезпечення успішного процесу переходу на рівень «розумного підприємства» (рис. 1.2).

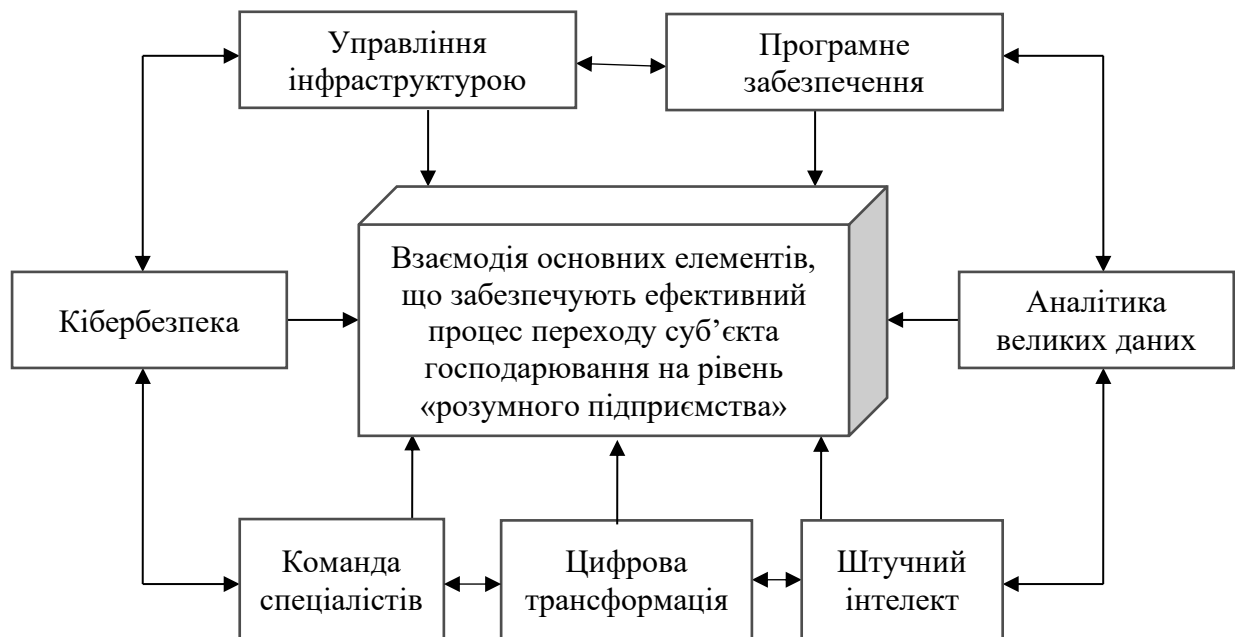


Рис. 1.2. Основні елементи процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства»

*розроблено автором

На рис. 1.2 наведено основні елементи, які є необхідними для переорієнтації підприємства на рівень «розумного підприємства». Приймаючи важливе для організації рішення про перехід на рівень «розумного підприємства», яке змістовно передбачає здійснення діджиталізації, використання інформаційних технологій, як інноваційні інструментарії управління діяльністю підприємства, потрібно комплексно та системно інтегрувати основні елементи процесу переходу суб'єкта господарювання на смарт-рівень. Отже, нижче розглянемо кожен елемент [37].

Забезпечення надійної інфраструктури – це перший елемент, з якого починається «розумне підприємство», адже перш за все потрібно забезпечити безперебійну передачу інформації, гарантувати безпеку системи, забезпечити доступ працівникам та клієнтам, врахувати масштаби діяльності, розширювати межі власного бізнес-середовища і при цьому скорочуючи витрати. Наступний елемент – це *програмне забезпечення*, яке забезпечує можливість відслідковувати за кожним етапом процесу виконання проекту, адже дає змогу бачити статус проєкту в режимі реального часу, відслідковуючи його до завершення. *Аналітика великих даних* передбачає створення таких можливостей, щоб потрібна інформація потрапила до потрібної людини в потрібний час, відповідно, щоб конкретний працівник на основі отриманої інформації прийняв оптимальне рішення, що підвищуватиме організаційну ефективність. При цьому потрібно використовувати спеціалізоване програмне забезпечення, наприклад, Birst, Cazena, Hadoop, IMB, Oracle, Microsoft Power BI, MicroStrategy, Qlik R, SAS, Qlik, Tableau, TIBCO. *Штучний інтелект* та *машинне навчання* ніколи не замінять емоційного зв'язку із клієнтами, але можуть докорінно змінити шляхи, якими ми використовуємо дані, щоб зрозуміти клієнтів та встановити контакт з ними. Сьогодні передові інновації машинного навчання допомагають оптимізувати навіть найбільш складні та трудомісткі процеси, щоб пришвидшити вихід на ринок, зменшити ризик помилок, спрогнозувати потенційні результати та забезпечити неперевершений успіх. *Цифрова трансформація* – це новий спосіб ведення бізнесу. Вона може відбуватися за допомогою дуже різних процесів, деякі з них є еволюційними, а деякі – революційними. Все залежить від поточної цифрової зрілості вашої організації. *Команда спеціалістів* виступає тим рушійним локомотивом, який працює в умовах цифрової трансформації бізнесу. Всі ці елементи сприяють значному підвищенню конкурентоспроможності підприємства, проте потрібно пам'ятати і про недобросовісну конкуренцію і приділяти належну увагу *кібербезпеці* з метою мінімізації ризиків діяльності організації та забезпечення найвищого рівня

захисту, оскільки наслідки від кібератак можуть бути непоправними. Кожен із наведених елементів є важливий, проте в сукупності ці елементи забезпечують синергетичний ефект у досягненні максимальної ефективності від цифрової трансформації.

Фундаментом «розумного підприємства» є три компоненти:

- Intelligent Suite, що дає змогу автоматизувати бізнес-процеси;
- цифрова платформа, що сприяє управлінню даними й інтеграції процесів;
- інтелектуальні технології, що аналізують і надають точні результати в реальному часі.

Перебудова суб'єкта господарювання у «розумне підприємство» вимагатиме значних інвестицій у капітальне обладнання, робочу силу і технології та буде формуватися за допомогою інформаційних норм поведінки щодо створення, передачі, зберігання, оцінки, аналізу та безпеки інформації. Враховуючи це, велике значення має вибір правильної стратегія цифрової трансформації.

Дослідження показали, що на практиці все більше підприємств здійснює оцифрування власного бізнесу. Менеджери організацій, які перейшли на рівень «розумного підприємства», виділили основні переваги та нові можливості, серед них [37]:

- трансформація у сучасне підприємство, яке використовує удосконалені найсучасніші ІТ-рішення для ведення бізнесу;
- можливість налагодження дистанційної роботи, залучення співробітників в будь-якому місці і в будь-який час для забезпечення безперебійного виробничого процесу та вирішення нагальних робочих питань, що безпосередньо впливає на підвищення продуктивності та зростання ефективності ведення бізнесу;
- розширення корпоративної мережі для підвищення адаптивності та операційної гнучкості підприємства;

- реінжиніринг бізнес-процесів підприємства, що дає можливість виокремити «слабкі місця» та виокремити і посилити (діджиталізувати) ті бізнес-процеси, які забезпечують додаткову цінність. Наприклад, розширити моделі залучення клієнтів.

Отже, можемо підсумувати, що «розумні підприємства» мають великі перспективи розвитку та значний потенціал, адже в їх основі закладена повна автоматизація виробничих та управлінських процесів, що є категоричною вимогою в реальному масштабі часу. Саме «розумні підприємства» є продуктом розвитку так званої Індустрії 4.0 та формують нову інноваційно-інформаційну економіку у світовому масштабі. Оцифровуючи діяльність підприємства, перш за все керівникам необхідно визначити загальну мету підприємства та стратегічний напрям його розвитку, для того, щоб правильно зосередити основну увагу і здійснити діджиталізацію саме у тих бізнес-процесах, де це буде найефективніше. Приймавши важливе для підприємства рішення про перехід його на смарт рівень, менеджерам недостатньо використовувати лише певні інформаційні технології, чи автоматизувати окремі процеси, використовуючи при цьому спеціальне програмне забезпечення. В даних умовах потрібно зосередити увагу на комплексному забезпеченні взаємодії усіх елементів процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства», для того, щоб забезпечити йому усі переваги та можливості, зокрема: спрощення бізнес-процесів, скорочення витрат підприємства, забезпечення адаптивності та гнучкості, що дозволяють бути організації клієнтоорієнтованою, підвищення рівня конкурентоспроможності, зростання продуктивності праці працівників та підвищення ефективності функціонування підприємства в мінливих та динамічних умовах сучасного бізнес-середовища.

Попри всі складнощі, які потрібно подолати власникам підприємств на шляху трансформації у «розумні підприємства», вони отримають великі економічні вигоди від покращення моніторингу, безперебійної передачі даних,

нових хвиль автоматизації та аналізу великих даних. Це дасть можливість досягти лідируючих позицій у гіперконкурентному середовищі.

В опитуванні ЕУ у 2023 році 97% генеральних директорів промислового виробництва заявили, що продовження проєктів цифрової та технологічної трансформації є найближчим пріоритетом. Ці проєкти часто включають такі технології: датчики, промисловий інтернет речей, хмарні обчислення, великі дані [51].

При впровадженні нової схеми організації виробництва в рамках «розумного підприємства» відбувається не лише оновлення технологій, а й зміна принципів організації роботи, а також систем управління підприємством. Це супроводжується глобальним розширенням інформаційної сфери підприємства та його внеском у економіку відповідної галузі. Ці зміни визначають новий рівень промислового розвитку для людства.

1.2. Розвиток 4D-Індустрії та її вплив на «розумні підприємства»

Виклики сучасного бізнес-середовища, екосистемність, людський інтелект, інноваційні технології, обмеженість ресурсів, орієнтація на цілі сталого розвитку – це частина факторів, які формують необхідність цифрової трансформації сучасних підприємств для підвищення ефективності їх функціонування, забезпечення гнучкості виробничих систем та зростання конкурентоспроможності в різних секторах економіки. Ці питання сьогодні є ключовими та найчастіше обговорюваними серед світової наукової спільноти, практиків, представників урядових інституцій.

За останні роки спостерігається швидке зростання рівня цифровізації суспільства, а це вимагає цифрової трансформації суб'єктів господарювання шляхом впровадження цифрових інновацій у численні аспекти їх діяльності, щоб докорінно змінити модель менеджменту. Використання цифрових інструментів, технологій і даних є необхідним для просування інновацій, зростання продуктивності, покращення взаємодії з клієнтами та обслуговування,

забезпечення конкурентоспроможності у швидко змінюваному цифровому середовищі [637, 73, 95]. Такі передумови, виклики та технологічні можливості стали підґрунтям для появи Індустрії 4.0. Саме Індустрія 4.0 є новим етапом революційної цифрової трансформації підприємства. Вона знаменується як революційна зміна парадигми, що забезпечує інтеграцію передових технологій у виробничі процеси, таким чином просуваючи галузі до підвищення ефективності. Саме Індустрія 4.0 звертає увагу на показник загальної ефективності обладнання, який стає життєво важливим інструментом, адже служить компасом для підприємств, які прагнуть оптимізувати продуктивність свого обладнання та операційні процеси для прийняття обґрунтованих рішень і підвищення ефективності їх функціонування [86]. Це актуалізує необхідність глибокого всебічного дослідження концептуальних засад Індустрії 4.0, її технологій, переваг, характерних особливостей. Як вже було зазначено, Індустрія 4.0 є новим етапом революційного індустріального розвитку, тому важливо проаналізувати, які етапи йому передували, та що лягло в її основу.

Дослідження проблематики показало, що такому технологічному прориву передувало три еволюційних етапи індустріального розвитку. Представимо еволюцію індустріального розвитку на рис. 1.3.

На рис. 1.3. представлено досягнення та можливості, які давав кожен етап індустріального розвитку. Загалом протягом трьох століть нові технології та промислові методи впроваджувалися в чотири основних етапи революційного індустріального розвитку, починаючи з 18 століття. Кожен етап знаменується досягненнями розвитку, які лягали в основ наступного етапу. Отож коротко охарактеризуємо еволюцію від Індустрії 1.0 до Індустрії 4.0.

Індустрія 1.0. характеризується переходом від ручної праці до механізованого виробництва за допомогою води та пари. Вона ознаменувала значні зміни в промисловому розвитку, породивши текстильну, металургійну та хімічну промисловість. Крім того, урбанізація, зростання населення та

розширення торговельних і транспортних мереж збільшили попит на механізоване виробництво [68].

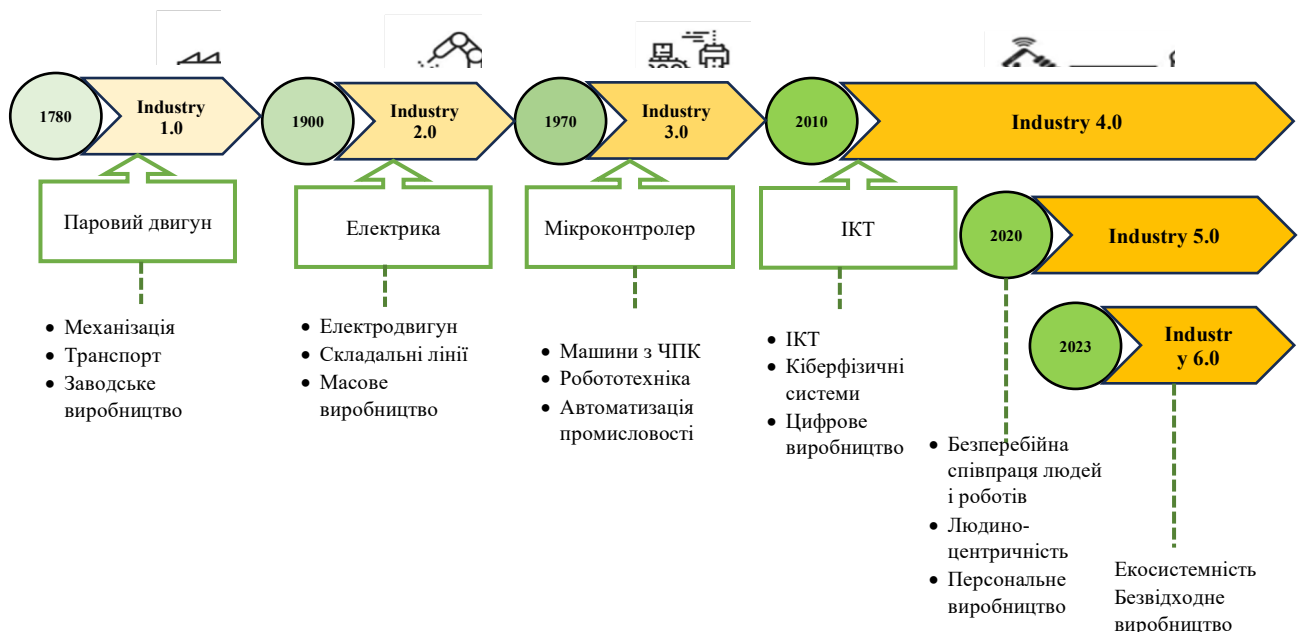


Рис. 1.3. Еволюція індустріального розвитку

*сформовано та розвинуто автором на основі [5, 83, 113].

Індустрія 2.0. Після епохи механізованого виробництва з'явилося масове виробництво з використанням електрики та двигунів внутрішнього згорання. Це супроводжувалося розвитком сталеливарної, нафтової та електротехнічної промисловості та появою нових форм організації та управління бізнесом.

Індустрія 3.0. Перехід від масового виробництва до автоматизованого виробництва сприяв розвитку таких галузей, як аерокосмічна, ядерна та біотехнологія, які значною мірою покладалися на комп'ютери та електроніку. Цей період також став свідком появи глобалізації та інформаційного суспільства.

Індустрія 4.0. Епоха автоматизованого виробництва поступилася місцем розумному виробництву, якому сприяли кіберфізичні системи та штучний інтелект. Це ознаменувало розвиток таких галузей, як нанотехнології, відновлювана енергетика та Інтернет речей. У цей період також з'явилися цифрові платформи та мережева економіка. Однак це також викликало такі проблеми, як кібербезпека та конфіденційність даних. Цифрове виробництво,

адитивне виробництво та кіберфізичні системи обіцяють покращити підключення та зв'язок, одночасно спрощуючи дані для оптимізації продуктів і процесів, тому багато розвинутих країн інвестували значні кошти в технології інтелектуального виробництва [54]. Завдяки цій зміні більше людей працюють віддалено.

Дослідження фахової літератури [123, 159], показало, що вчені описують наступними етапами після Індустрії 4.0. Індустрію 5.0. та Індустрію 6.0. Проте ґрунтовне вивчення результатів теоретичних досліджень та практичних аспектів дозволило нам представити Індустрію 5.0. та Індустрію 6.0 як похідні еволюційного розвитку Індустрії 4.0, а не етапи еволюційного індустріального розвитку, адже якогось технологічного прориву не відбулося – на даний момент немає жодного технологічного винаходу, який міг би спровокувати п'яту промислову революцію. Індустрія 5.0. була запущена Зеленою угодою ЄС, пандемією COVID-19 і Цілями сталого розвитку ООН [113].

Сучасні промислові технології сприяють відновленню зв'язку з природою. Важливим аспектом Industry 5.0 є безперервна співпраця людей і роботів. М. Ергюн та його колеги підкреслюють це, стверджуючи, що підходи комп'ютерного бачення можуть ефективно усувати помилки та труднощі, спричинені людиною [92]. Використання комп'ютерних методів може покращити це ще більше [48, 81]. Експерти зараз більше стурбовані покращенням клієнтського досвіду завдяки розробці налаштованих і кооперативних роботів, а не просто досягнення балансу між бажаннями людей і тим, що можуть надати технології. Перехід від розумного виробництва до виробництва, орієнтованого на людину, за допомогою співпраці та спільної творчості між людьми та машинами. Розвиток індустрії біомімікрії, циклічної економіки та інтерфейсу мозок-комп'ютер. Поява соціальних інновацій і суспільства добробуту. Можливість стійкості та відновлення [91].

Цифрова трансформація в «Індустрії 5.0» спрямована на використання цифровізації для покращення людського потенціалу та створення кращого

зв'язку між людьми і роботами. Цифрова трансформація 5.0 вимагає наголосу на вдосконаленні навичок робочої сили для ефективної взаємодії з найсучаснішими технологіями. Впроваджувати навчальні заходи для розвитку працівників, які володіють основними цифровими навичками [62]. Адже застосування передових технологій, характерних для четвертої промислової революції – Industry 4.0, позитивно впливає на ефективність бізнесу, але негативно впливає на соціальну сторону ведення бізнесу. Цей підхід не є стійким, оскільки немає балансу між соціальними, економічними, екологічними та політичними аспектами сучасного бізнесу. Ці виклики застосування сучасних технологій присутні в різних країнах і галузях. У січні 2016 року уряд Японії представив концепцію «Індустрія 5.0» як бачення людського існування, де технології застосовуються з метою процвітання та добробуту людини. Ідея полягає в тому, щоб поставити людину в центр інновацій, технологічної трансформації та промислової автоматизації [122]. Індустрія 5.0 має на меті інтегрувати процеси в інтелектуальному, реальному та віртуальному світах за допомогою застосування інформаційно-комунікаційних технологій. Ця еволюція підкреслює, наскільки важливо поєднувати технологічний розвиток із людськими розуміннями та сталим розвитком орієнтованого на людину суспільства і поєднує соціокультурну еволюцію з технологічними розробками, як-от інтелектуальне виробництво [65].

Згідно із визначеннями Європейської комісії, саме промисловість є ключовим рушієм економічних і суспільних змін, які зараз відбуваються. Щоб залишатися рушієм процвітання, глобальне виробництво має очолити цифрові та екологічні переходи. Такий підхід покладений в основу Індустрії 5.0 і забезпечує бачення промисловості, яке виходить за межі досягнення ефективності та продуктивності як єдиних виробничих цілей та посилює роль і внесок промисловості в суспільство. При цьому активно використовуються нові технології, але працівнику приділяється особлива увага.

Як зазначено в «Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe» [71]: на відміну від Індустрії 4.0, яка більше стосувалась трансформаційних аспектів

впливу сучасних цифрових технологій та зміни бізнес-моделей, в 5.0 мова йде про 2 інші трансформації:

- інтеграція з «зеленим курсом», що сприяє досягненню більшої сталості та розвитку циркулярної економіки шляхом подвійного переходу — цифрового та екологічного;

- зміцнення стійкості ланцюгів доданої вартості та екосистем для ефективного реагування на будь-які потрясіння — від пандемій і природних катастроф до геополітичних змін і регіональних конфліктів.

Проведені ґрунтовні дослідження в контексті проблематики дозволяють зробити висновок, що саме Індустрія 4.0 є поки що крайнім етапом революційного індустріального розвитку, який забезпечив можливість кардинально нового підходу до управління підприємствами, надавши безліч можливостей. Це створює передумови ґрунтовного всебічного вивчення саме Індустрії 4.0 – її технологій, методів, перспектив впровадження і т.п.

Сьогодні впроваджувати елементи чи технології Індустрії 4.0 є актуально абсолютно для всіх суб'єктів господарювання незалежно від їх галузевої приналежності чи інших характеристик. Адже, сучасні вітчизняні підприємства функціонують в середовищі, яке, з одного боку характеризується політичною та економічною нестабільністю, викликаною пандемією та війною, а з іншого – новими вимогами до ведення бізнесу, сформованими під впливом таких факторів як активізація інноваційних процесів, розвиток інформаційних технологій, розвиток науково-технічного прогресу; швидка зміна уподобань споживачів; поява нових конкурентів; орієнтація на енергозберігаючі технології; розвиток екосистем; можливість дистанційної роботи і т.п. За таких умов підвищувати ефективність функціонування та розвивати підприємства можливо шляхом швидкої їх реакції на нові виклики. Це можливо досягти шляхом активного впровадження цифрових технологій, що ведуть до зміни системи менеджменту. Саме розвиток Індустрії 4.0, зокрема великий арсенал її технологій дає широкі можливості для оцифрування бізнесу та відкриває нові перспективи для

суб'єктів господарювання, адже створює їм основу для інтеграції підприємств до цифрового світу [14].

Для того, щоб це все досягти, потрібно переорієнтовувати менеджмент вітчизняних підприємств шляхом використання інструментів індустрії 4.0. Аби це зробити якомога краще в практичному аспекті, потрібно дослідити концептуальні основи поняття Індустрія 4.0, її технології, особливості використання, можливості від діджиталізації і т.п. [14].

Вивчення теоретичних та практичних аспектів проблематики розвитку Індустрії 4.0 та можливостей, які відкриваються для вітчизняних підприємств показало, що є багато напрацювань як вітчизняних, так і зарубіжних науковців. Аналізуючи та систематизуючи наукові здобутки в контексті означеної теми, спостерігається, що кожен із авторів розглянутих праць свій вектор уваги концентрує на дослідженні різних вузьких питань. Зокрема, технологічну еволюцію індустрій від першого покоління до Індустрії 4.0. описали: Karabag і Alptekin; Betlejewska, Parv, Glin [57]; Гринюк [96]. Можливості та бар'єри для України в умовах розвитку технологій Індустрії 4.0 розкрили Матвійченко О., Кравчук Ю. та Скоробагатова Н. [96]. Види ризиків та особливості ризик-менеджменту цифрової трансформації підприємств дослідили Tura J., Simota J., Steiner F. [149], Гуцуляк Т., Матвійченко О, Зварич Р. Виклики Індустрії 4.0 у контексті її становлення на глобальному і національному рівнях висвітлили Дибя М. та Гернего Ю. [9].

З 2011 року Індустрія 4.0, як нова промислова парадигма, стала північною зіркою для виробничих підприємств у всьому світі [156]. Вона стала основною частиною національних промислових стратегій [146], наприклад, «Індустрія 4.0» у Німеччині [88] та «Індустрія 4.0» в Італії [93]. У центрі уваги Industry 4.0 – впровадження передових інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), які є рушійною силою четвертої промислової революції, у виробничому середовищі.

Вперше поняття «Індустрія 4.0» прозвучало в Німеччині, як програма завдань, спрямованих на розширення меж застосування інформаційних

технологій у виробництві. Ці завдання були поставлені урядом з метою збереження і збільшення конкурентних переваг підприємств країни. Враховуючи те, що конкурентоспроможність – це поняття комплексне, то завдання щодо її підвищення повинні бути різноаспектними: скорочення тривалості виконання робіт/послуг; підвищення якості продукції, гнучкість підприємства до мінливих вимог ринку; швидке задоволення потреб споживачів; зниження собівартості продукції і т.п. Досягти цих завдань можливо шляхом використання широкого спектру технологій Індустрії 4.0 [14].

Дослідження фахової літератури показало, що часто ототожнюють терміни «Індустрія 4.0» та «Четверта промислова революція». Проте важливо розрізняти ці поняття і правильно використовувати їх інструментарій на практиці, щоб досягти бажаного результату. Отже, «Індустрія 4.0» належить перш за все до сфери виробництва матеріальних продуктів, а «Четверта промислова революція» – визначає проникнення нових технологій 4.0 та їхній вплив на всю економіку й соціальну сферу – розумні міста, будинки, сільське господарство, енергетику, інфраструктурні об'єкти, фінанси, державне управління, охорону здоров'я, освіту та ін. [32].

Відповідно до Стратегії розвитку «Індустрія 4.0» (Industry 4.0) – це наступний етап цифрової трансформації виробничих підприємств, що супроводжується прискореним впровадженням технологій, таких як промисловий інтернет речей, аналітика великих даних, штучний інтелект, нове покоління роботів, доповнена реальність тощо [32]. Разом це призведе до кращої синергії ІТ, зміни бізнес-моделей і значного прискорення інноваційного розвитку.

Ідея четвертої промислової революції полягає в інтеграції виробництва з новітніми інформаційно-комунікаційними технологіями. Це дає можливість виготовляти продукцію за індивідуальними вимогами замовника та випускати її дрібними партіями за ціною серійної продукції. Технічну основу складають інтелектуальні цифрові мережеві системи та виробничі процеси [83]. Крім того,

Індустрія 4.0 визначає весь життєвий етап продукту. Він стосується ідеї, розробки, виробництва, використання та обслуговування аж до переробки (утилізації) продукту [85]. Усі чотири рівні революції мають одну спільну рису. Усі вони мають вплив на економічне та соціальне життя, а також підвищують продуктивність і створюють зміни в робочих процесах та умовах праці. Для промислових працівників це означає підвищення кваліфікаційних вимог. Ці зміни слід очікувати і в майбутній четвертій революції [49, 119, 154]. Німецьким компаніям доводиться зустрічатися з викликами Індустрії 4.0 і переходу виробництва до мережевої роботи. Якщо це не вдасться, існує ризик втрати німецькими компаніями економічних зв'язків [27]. Проте, якщо взяти до уваги поточні показники Індустрії 4.0 для Німеччини, можна побачити позитивний розвиток у напрямку Індустрії 4.0. За даними [85], до 2020 року заплановано щорічні інвестиції в 40 мільярдів євро в програми Industry 4.0. До 2020 року також очікується додаткове економічне зростання понад 153 мільярдів євро. Також до 2020 року 83% німецьких компаній бачать високий рівень оцифрування в ланцюжку вартості. В даний час 20% німецьких компаній вже використовують автономні системи [85]. Абсолютно новий тип економічного виробництва створюється сильнішою як внутрішньою, так і зовнішньою мережею. Це створює серйозні проблеми для німецьких і глобальних компаній, оскільки Індустрія 4.0 впливає на всі аспекти, такі як технології, організація, люди та бізнес-моделі [50].

Досліджуючи наукові праці, присвячені аналізу технологій Індустрії 4.0, варто зазначити, що різні науковці по-різному виокремлюють їхній перелік. Частково це пояснюється тим, що деякі вчені включають технології Індустрії 3.0, а деякі – вже й Індустрії 5.0, адже межі між появою нових Індустрій є досить розмитими. Проаналізувавши наукові здобутки вітчизняних та зарубіжних дослідників [5, 27, 32, 30, 77], нами сформовано перелік технологій, що входять до арсеналу Індустрії 4.0, які відкривають можливості для цифрового розвитку підприємств (рис. 1.4).

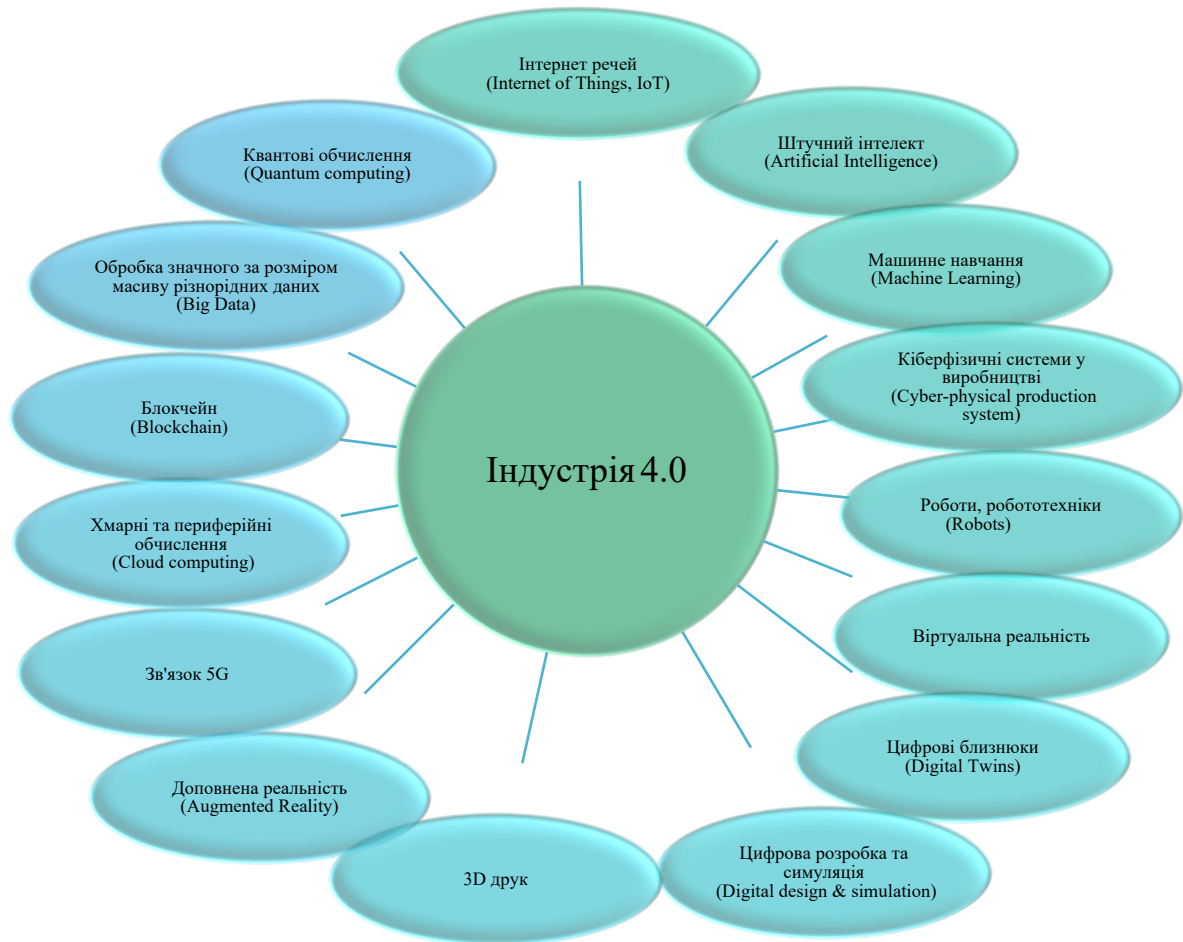


Рис. 1.4. Основні технології Індустрії 4.0

*сформовано автором на основі [5, 27, 32, 30, 77].

Представлені на рис. 1.4 технології демонструють, що Індустрія 4.0 поставила розумні технології в центр виробництва та ланцюгів постачання. Використання інформаційних і цифрових технологій Індустрії 4.0 породило нові можливості та виклики для проектування та управління підприємствами, вивівши їх на рівень «розумних» підприємств. Таким чином Індустрія 4.0 означає об'єднання реального світу виробничих машин із віртуальним світом. У рамках цього люди, машини та ІТ-системи автоматично обмінюються інформацією в ході виробництва на заводі та в різних ІТ-системах, що працюють на підприємстві. Індустрія 4.0 охоплює весь ланцюжок створення вартості від моменту замовлення та доставки компонентів для поточного виробництва до відвантаження товарів клієнтам і післяпродажного обслуговування [57].

Індустрія 4.0 дає змогу збирати та аналізувати дані з різних машин, забезпечуючи більш швидкі, більш ефективні та більш гнучкі процеси виробництва товарів вищої якості за нижчою собівартістю. Також вона викликала появу абсолютно нових бізнес-моделей, які сприятимуть радикально новим способам взаємодії в ланцюжку вартості [58]. Адже, на практиці – це розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему з мінімальним або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес [36]. Вона характеризується злиттям технологій, що розмиває межі між фізичною, цифровою та біологічною сферами [132].

Розуміння змістового наповнення економічної сутності поняття Індустрія 4.0. та аналізування досвіду практичного використання її інструментарію стало фундаментом для виокремлення можливостей та основних характерних рис, що притаманні сучасним суб'єктам господарювання, які здійснили діджиталізацію своїх підприємств (рис. 1.5).

На рис. 1.5 представлено можливості для вітчизняних підприємств та характерні особливості від впровадження технологій Індустрії 4.0. Звичайно, це далеко не весь перелік, проте навіть ця представлена частина дозволяє показати, що технології Індустрії 4.0 можуть використовуватися для досягнення різної мети, зосереджуватися на досягнення різних цілей та застосовуватися підприємствами різних галузей та сфер діяльності.

Безумовно, цифровізація підприємств в площині розвитку Індустрії 4.0 відкриває перед ними нові можливості, проте існують і певні загрози. З метою висвітлення як позитивних, так і негативних аспектів діджиталізації вітчизняних підприємств нами здійснено SWOT-аналіз (рис. 1.6).

Представлений SWOT-аналіз дозволяє констатувати, що вітчизняні підприємства мають значний потенціал, проте поки що спостерігається відсутність сприятливих умов на рівні держави. В Україні в силу різних обставин дуже повільно відбувається перехід до Індустрії 4.0, проте створено рух



Рис. 1.5. Можливості та характерні особливості впровадження технологій Індустрії 4.0 [14]

«Індустрія 4.0 в Україні» і велику увагу цим питанням приділяє Асоціація підприємств промислової автоматизації України (АППА). Для активного використання вітчизняними підприємствами технологій Індустрії 4.0 потрібна синергія трьох чинників: державного апарату, бізнесу й освітньої системи.

Індустрія 4.0 стала фундаментом для формування новітніх типів економік (інформаційна; інноваційна; знань; економіка, заснована на знаннях), завдяки яким зазнають суттєвих змін моделі, технології бізнес-процесів суб'єктів господарювання [4, 29]. Зовсім донедавна перспективи соціально-економічного світового розвитку пов'язували виключно із індустріалізацією суспільства, при

цьому відводилася ключова роль сфері послуг (не промисловості), то із цифровою трансформацією процесів виробництва можна спостерігати залежність розвитку сфери послуг від стану промисловості, завдяки активізуванню запровадження технологій великих даних, хмарних обчислень, штучного інтелекту, інтернету речей тощо [4, 16].

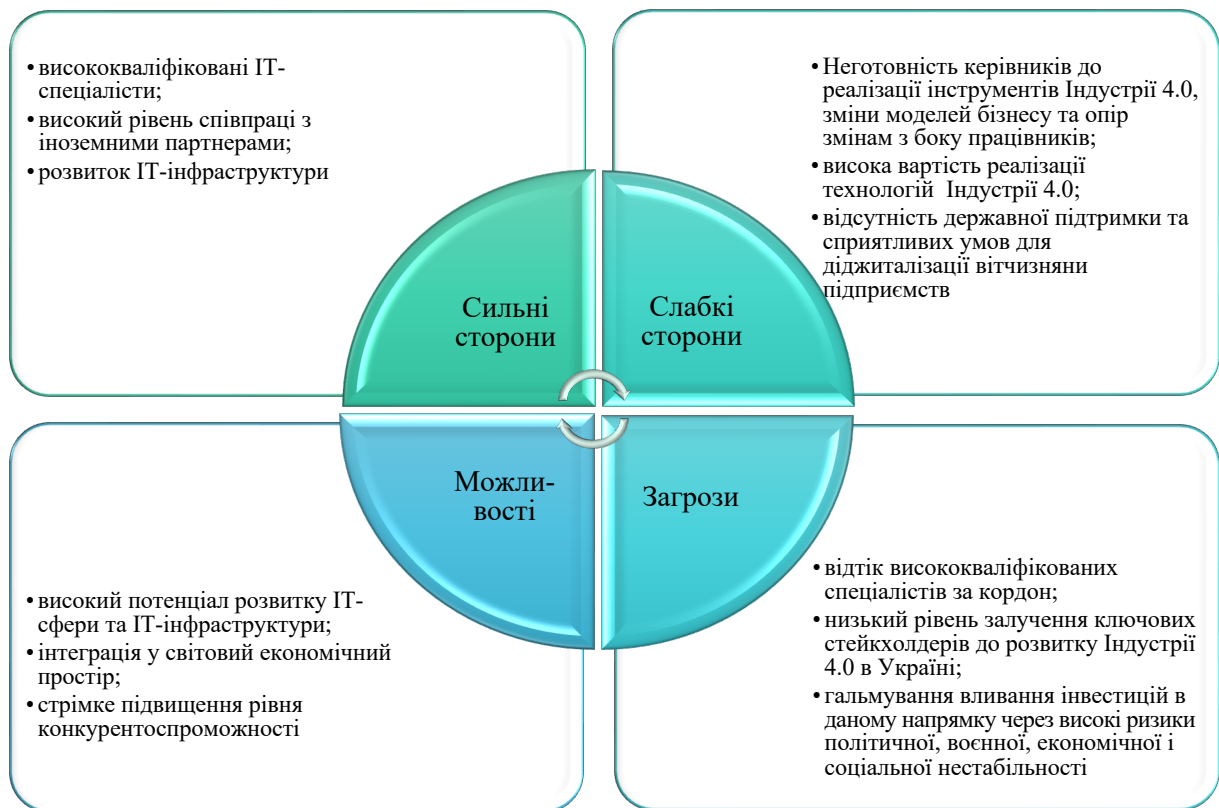


Рис. 1.6. SWOT-аналіз діджиталізації вітчизняних підприємств в контексті розвитку Індустрії 4.0 [14]

Та попри переваги, які забезпечуюся внаслідок використання технологій Індустрії 4.0, для багатьох підприємств оцифрування бізнесу стало справжнім викликом. Основними бар'єрами на шляху діджиталізації вітчизняних підприємств є [39]:

- неготовність менеджерів змінити модель ведення бізнесу, страх перед масштабними змінами;
- відсутність власних ресурсів для придбання та впровадження новітніх технологій;

- недостатній рівень знань про можливості практичного використання інструментів Індустрії 4.0;
- відсутність розуміння перспективних майбутніх операційних процесів;
- потреба вкладення значних фінансових ресурсів та складнощі в оцінюванні майбутніх економічних вигод від впровадження технологій Індустрії 4.0;
- відсутність або ж невідповідність ІТ-інфраструктури;
- низький рівень інтеграції ланцюга формування вартості;
- відсутність або ж невідповідність стандартів та норм захисту інформації;
- дефіцит необхідних навичок у працівників та супротив змінам.

Враховуючи вищеописані бар'єри, з якими зустрічаються керівники організацій, доцільно навести основні принципи переходу підприємств на рівень Індустрії 4.0, що описані в Стратегії розвитку «Індустрія 4.0» (рис. 1.7) [32].



Рис. 1.7. Принципи переходу на рівень Індустрії 4.0 [32]

У документі зазначено, що важливими для усвідомлення в українському контексті є низка факторів:

1. Фактори конкурентоспроможності (рівень 1) – це не тільки про собівартість.
2. Базові принципи – все починається з обліку та цифрових даних.
3. Головна перешкода – зовсім не в технологіях, і навіть не у фінансах.

Основною перешкодою всюди у світі є культура організації та готовність персоналу. І це тим більше актуально для України.

Індустрія 4.0 є алгоритмом з економічної оптимізації. Її синергія забезпечує вищу якість індустріального розвитку. За дослідженням McKinsey, високотехнологічні компанії використовують не більше 60% свого потенціалу. Тож у кожній галузі є надмірні витрати, які варто оптимізувати [20].

Для Індустрії 4.0 ключовим є формат промислового інтернету речей. Він дозволяє об'єктам реальної економіки взаємодіяти поза людським чинником. Ідеться про телекомунікаційні системи для автономних пристроїв, які обмінюються інформацією з урахуванням виробничих процесів. Діджиталізація об'єктів інтегрує їх до національних та міжнародних ланцюгів і цим забезпечує вищу додану вартість.

У 2019 р. капіталізацію глобального ринку Industry 4.0 оцінювали в \$71,7 млрд. За розрахунками аналітиків "Research and Markets", до 2024 р. цей показник сягатиме \$156,6 млрд. Таким чином середньорічне зростання складає майже 17% [20].

Можна стверджувати, що Індустрії 4.0 має надзвичайно важливе значення на глобальному рівні, адже її роль не обмежується лише тими можливостями, про які описано вище, що забезпечують ефективність функціонування сучасних суб'єктів господарювання, створюючи цифрову економіку, яка, у свою чергу, значно підвищить суттєві «зелені» інновації підприємств шляхом підвищення якості внутрішнього контролю та стимулюватиме довгострокові інвестиції [126].

Отже, впровадження технологій Індустрії 4.0 на сьогодні є надважливим питанням для вітчизняних підприємств, які функціонують в складних економічних умовах та нестабільному бізнес-середовищі. Адже, Індустрія 4.0 відкриває перед суб'єктами господарювання нові можливості та створює передумови для якісних змін, зокрема: підвищення ефективності їх функціонування, забезпечення гнучкості виробництва, посилення конкурентних переваг та створює фундамент для інтеграції українських підприємств у світовий економічний простір. На рівні промислового виробництва використання технологій Індустрії 4.0 забезпечує високий ступінь міцності, що страхує від збоїв і здатний підтримувати критичну інфраструктуру під час кризи. Пандемія та війна в Україні підкреслили вразливість промисловості та важливість підвищення гнучкості і стійкості в ланцюгах постачання та інших компонентах виробництва, зокрема можливість роботи у відділеному режимі та релокації бізнесу як в межах країни, так і за кордон. Проведені дослідження показали, що вітчизняні підприємства мають значний потенціал до діджиталізації їх бізнесу, проте потрібна державна підтримка у цьому напрямі.

1.3. Концептуальні засади формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії

Сучасне ринкове середовище, яке сформувалося та продовжує активно розвиватися під впливом пришвидшеного розвитку інформаційних технологій та підвищення ступеня діджиталізації у всіх його сферах, створює необхідність для переходу суб'єктів господарювання на смарт-рівень, тобто їх трансформації у «розумні підприємства». Концептуально це передбачає перехід на нову модель ведення бізнесу, що являє собою злиття фізичної та цифрової сфер у виробництві, а також потенціал для поєднання різноманітних інновацій та оптимізації операцій, що одночасно зменшують витрати виробництва [79].

Як відомо, класичне визначення підприємства – це базовий елемент економіки, який створюється для реалізації самостійної, систематичної, на

власний ризик діяльності з виробництва продукції, виконання робіт, надання послуг з метою отримання прибутку [85]. Підприємство використовує фінансові, матеріальні, трудові та інформаційні ресурси в межах своїх можливостей, має мету своєї діяльності та формує цілі, яких прагне досягти, мобілізує та використовує для цього всі свої потужності. Свої цілі підприємства реалізують через виготовлення відповідної продукції чи надання послуг з урахування певних внутрішніх та зовнішніх вимог та обмежень. При цьому підприємство вибудовує свої відносини з клієнтами, постачальниками, банками та іншими суб'єктами зовнішнього середовища, має свою систему управління, яка за певного складу ресурсів, потужностей, досвіду та кваліфікації управлінського персоналу, реалізує поставлені цілі, шукаючи найбільш ефективного способу своєї діяльності. Підприємства запроваджують нові технології, використовують резерви зменшення витрат, здійснюють автоматизацію процесів, підвищують кваліфікацію персоналу та запроваджують нові підходи та методи в управлінні. Спрощено діяльність підприємств представлено на рис. 1.8 [39], яка зводиться до вхідних елементів, основних і допоміжних процесів та вихідних елементів.

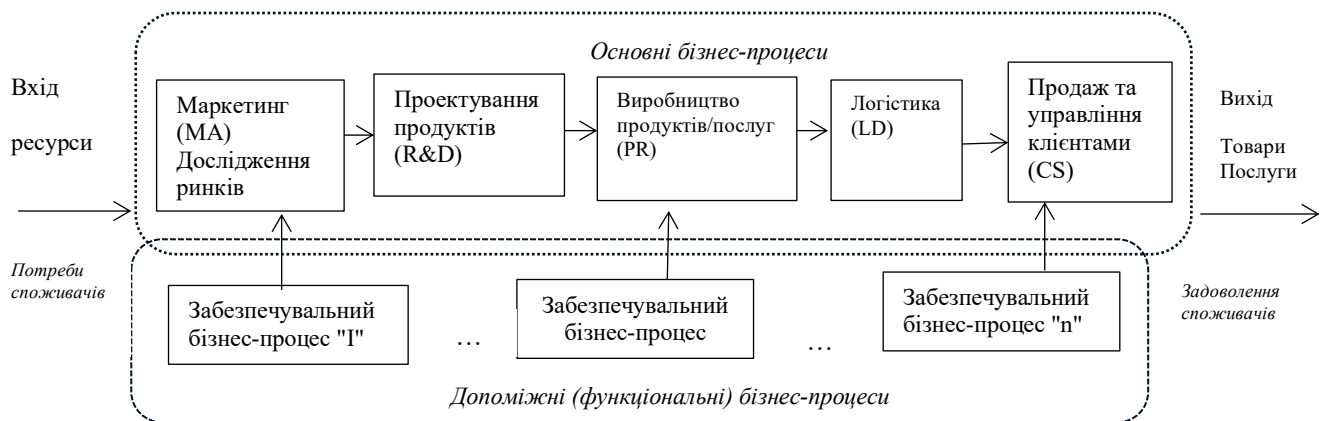


Рис. 1.8. Спрощена модель діяльності підприємства

*власна розробка автора

Сьогодні в науковій та практичній площинах дедалі більше актуалізується питання, чим же розумне підприємство відрізняється від традиційного та в чому полягають основні його переваги?

Вивчаючи фахові напрацювання за означеною проблематикою та практичний досвід вітчизняних і зарубіжних підприємств, доцільно відзначити, що основною перевагою та відмінністю є те, що «розумні підприємства» забезпечують набагато вищу життєстійкість та сталий розвиток завдяки високому рівню автоматизації та цифровізації управлінських процесів. До допоміжних (функціональних) процесів зазвичай відносять бухгалтерію, кадри, фінанси, програмне забезпечення, інформаційна безпека, ремонт та обслуговування обладнання, підбір та розвиток персоналу тощо.

Попередниками «розумних підприємств» в даному випадку є автоматизовані системи управління (АСУ). Як приклад, однією з перших таких систем є АСУП «Львів» заводу Електрон [21].

Інформаційні та комунікаційні технології швидко розвиваються і є предметом особливого зацікавлення науковців та практиків, адже створюють нові можливості для підприємств, які функціонують в сучасному бізнес-середовищі та спрямовані на підвищення своїх конкурентних позицій. Підприємства та галузі у всьому світі адаптуються до нових можливостей Індустрії 4.0.

У попередньому пункті описано технології, що входять до арсеналу Індустрії 4.0. Проте доцільно дещо детальніше описати які можливості відкривають для суб'єктів господарювання, при впровадженні цих технологій в практику їх діяльності.

Поява Інтернету речей (IoT) розкрила нові можливості поєднання цифрових технологій і фізичних пристроїв. Цифрові датчики, вбудовані в машини і продукти, безперервно збирають дані, що дозволяє виробникам контролювати продуктивність в режимі реального часу та оптимізувати виробничі процеси. Технології штучного інтелекту (AI) дозволяють машинам аналізувати велику кількість даних, виконувати складні завдання за мінімальний час майже без участі людини, приймати обґрунтовані рішення на основі великої кількості реальних даних, що є не під силу звичайним технологіям. Робототехніка часто застосовується у виробничих процесах, виконуючи складні повторювані завдання, та забезпечуючи високу точність їх виконання.

Колаборативні роботи (коботи), які навчаються працівниками, здатні обробляти важкі вантажі та працювати в умовах підвищеної небезпеки. Крім того, 3D друк, який також називають адитивним виробництвом, вносить значні зміни в традиційні технології виробництва. Він забезпечує гнучкість та адаптивність, мінімізує витрати та значно полегшує швидке прототипування виробів.

Розумні підприємства залежать від ефективної організації всіх елементів (людей, процесів і продуктів). Вони розробляють унікальні бізнес-моделі, які найкраще підходять саме для їхньої діяльності, що підтримуються цифровими технологіями та дозволяють втілювати у життя проривні ідеї та ціннісні пропозиції. Вони призначені для створення бізнес-процесів, орієнтованих на результати, та відповідають постійно змінним потребам та очікуванням клієнтів. Вони створюють нові ринкові можливості, руйнуючи традиційні способи мислення про ведення бізнесу, продукти та послуги. Розумні підприємства, використовуючи цифрові технології, отримують цілісну характеристику клієнта та розробляють унікальний користувацький досвід за допомогою інструментів даних, бізнес-додатків та цифрових каналів, які відповідають їхнім індивідуальним потребам. Процес цифрової трансформації підприємств в умовах індустрії 4.0 представлено на рис. 1.9 [39].



Рис. 1.9. Процес цифрової трансформації підприємств в умовах Індустрії 4.0

*розроблено автором

Розумні підприємства, на відмінну від традиційних, створюють стійке середовище, використовуючи спектр методів для сталого масштабування [60].

Цифрова трансформація бізнесу полягає в кардинальній зміні ментальних моделей, основним драйвером якої є цифровізація різних сфер суспільного розвитку. Особливостями є те, що на вході постійно з'являються нові можливості та виклики, нові вигоди та ризики.

Дослідження свідчать, що підприємства, які використовують інтелектуальну модель управління, швидше розвиваються в контексті розумних міст, а точність прийняття рішень становить 92,3% [84].

Ключові складові трансформації бізнес-процесів на основі цифровізації представлено на рис. 1.10.

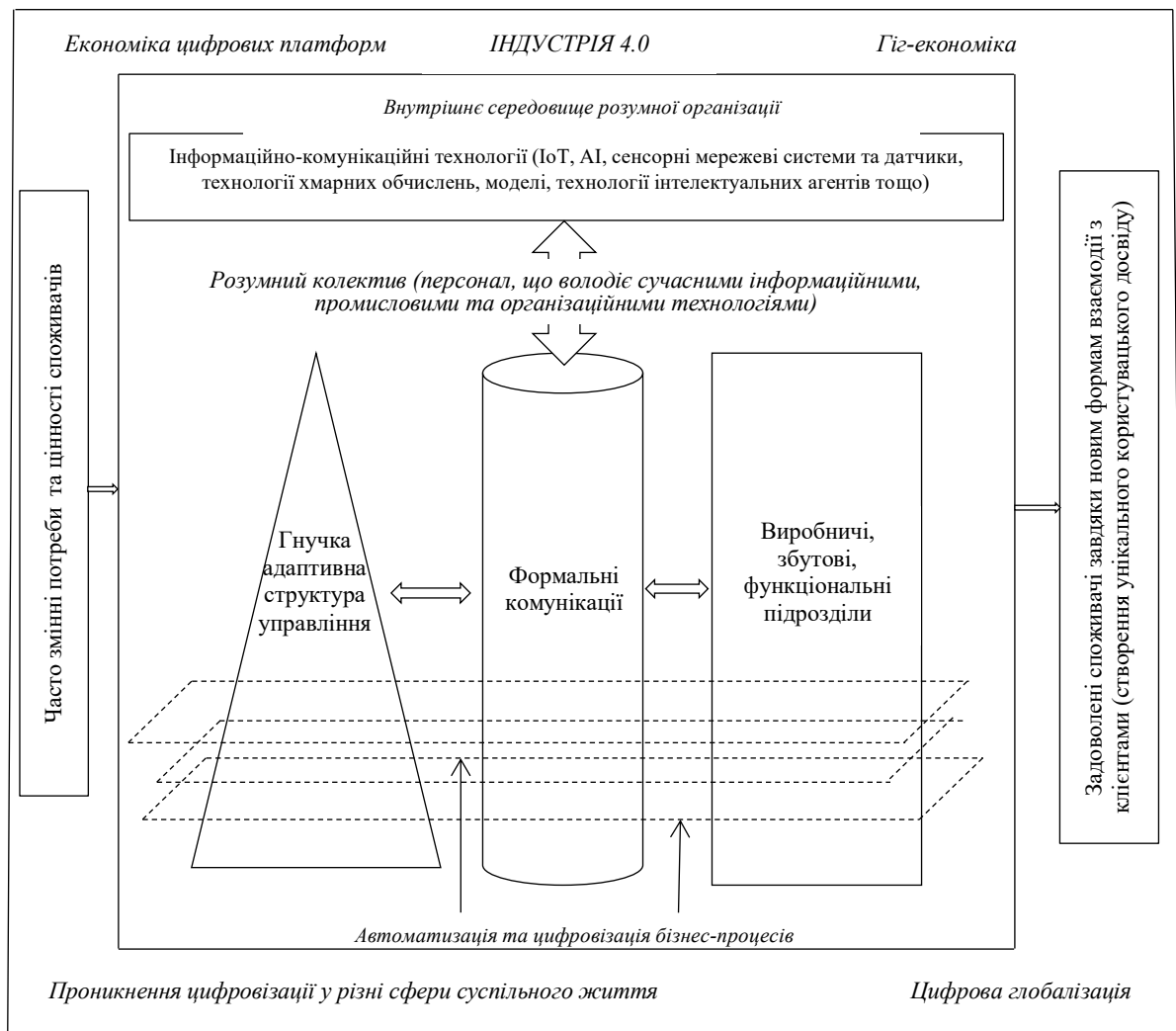


Рис. 1.10. Зміни внутрішнього середовища організацій, викликані цифровою трансформацією бізнесу [39]

*розроблено автором на основі джерел [33, 94]

Якщо за традиційного менеджменту можливо було спрогнозувати, які є потреби та мотиви споживачів, то в умовах цифрової економіки підприємці повинні бути свідомі того, що ці споживчі запити та цінності будуть швидко змінюватись.

Перевагою застосування цифрових технологій підприємствами якраз є те, що вони дозволяють поєднувати переваги масштабу продукції чи послуги з індивідуальним підходом до кожного споживача.

Проривні технології Індустрії 4.0, цифровізація основних суспільних сфер, трансформація бізнес-моделей підприємства взаємопов'язані також з нестандартними формами зайнятості (фріланс, портфельна робота, аутсорсинг, аутстафінг, спільна зайнятість та інші гібридні форми) та потребують усвідомлення та сприйняття [94].

Розумні підприємства поєднують в собі передові інформаційні технології, промислові новітні розробки та управлінські інновації. Основною метою розумних підприємств є не лише оптимізувати бізнес-процеси чи швидко і правильно реагувати на виклики зовнішнього середовища, а підвищувати цінність підприємства, його додану вартість та створювати стійку конкурентну перевагу.

Дослідження свідчать, що підприємства, які мають малу кількість працівників (менше 20 осіб) та невеликий обсяг товарообороту, надають пріоритети окремим цифровим технологіям (наприклад технологіям, що впливають на продуктивність, якість та безпеку виробничих процесів). Більші підприємства, що мають понад 20 співробітників та обсяги продажів 10 млн дол. та вище, надають перевагу комплексним цифровим технологіям підтримки підприємства [59].

Оцифрування всіх бізнес-процесів є основою для створення розумного підприємства, а інтелектуальне управління – основною його формою. Цифрові інновації мають щільний зв'язок з стійкістю фірми [103].

Основні види трансформації бізнес-процесів, забезпечення їх цифровими рішеннями, переваги та особливості їх застосування представлено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Основні види трансформації бізнес-процесів та забезпечення їх цифровими рішеннями

№ з/п	Вид трансформації бізнес-процесів	Цифрові рішення та інструменти	Переваги та особливості застосування
1	Автоматизація бізнес-процесів	ERP-, CRM-, HRM- та ін. системи управління ресурсами, документообігом, логістикою тощо	Залежно від цілей та потреби, підбираються оптимальні щодо ефективності та ціни. Найпопулярніші компанії-автоматизатори: Salesdrive, OneBox, Salesforce, Zoho, Uspacy Є спеціалізовані інструменти, які створені під конкретні види бізнесу
2	Вдосконалення комунікації між підрозділами	Технологічні платформи, IoT	Трансформують взаємозв'язки, посилюють гнучкість та проактивність
3	Критична залежність від безперервності процесів	хмарні сервіси для послуг типу SaaS, IaaS, PaaS	Бізнес може зберігати на хмарах будь-які дані, в тому числі ERP, CRM-системи, будувати свою архітектуру. Актуально в умовах війни для підприємств, які можуть постраждати від обстрілів
4	Ефективність аналітики	AI, BigData, IoT, машинне навчання (Machine Learning), хмарні та периферійні обчислення (Cloud computing), моделювання (Simulation)	Дозволяє підприємствам збирати обробляти та аналізувати велику кількість даних, з великою точністю та економією часу
5	Зменшення витрат	Технологічні платформи, 3Ддрук, АСУ, АСУП	Цифрові технології дозволяють зменшити витрати на операційну діяльність, а також уникнення помилок, забезпечення більш точного та ефективного процесу, економія на працівниках
6	Підвищення якості продукції/послуг	AI, BigData, IoT, машинне навчання (Machine Learning), Blockchain, моделювання (Simulation)	Тісно пов'язано з автоматизацією
7	Забезпечення безпеки, в тому числі кібербезпеки	AI, BigData, IoT, Blockchain	Цифрові технології водночас створюють загрози кібербезпеці і допомагають посилити кібербезпеку
8	Управління персоналом	Штучний інтелект (AI), Digital learning, VR технології, AR-технології Cloud ERP	HRM-системи, які найчастіше використовують: SAP HCM, Oracle HCM, Microsoft Dynamics 365 Human Resourced Workable, Hurma, PeopleForce, BambooHR, ZohoPeople BASERP
9	Логістика	AI, BigData, IoT, автоматизація та роботизація, Blockchain	Підвищують ефективність та забезпечують краще обслуговування

* сформовано автором

Розумне підприємство характеризується постійним впровадженням інновацій. На перший погляд це може видаватися занадто обтяжуючим – інновації в технологіях, інновації в обслуговуванні, в бізнес-процесах, в управлінні. Проте постійне вдосконалення інноваційної здатності підвищує спроможність підприємств адаптуватись до ринкових змін, оптимізує процеси управління бізнесом, підвищує ефективність, створює нові продукти та послуги, використовує клієнтський досвід, дає можливість підприємствам отримувати стійкі конкурентні переваги [155].

Особливості менеджменту розумних підприємств полягають в такому:

1. трансформація взаємозв'язків. У розумних підприємствах безперервність отримання даних забезпечується інтелектуальними датчиками та сенсорами, які в реальному часі відображають виробничі процеси, мінімізуючи затримки у прийнятті управлінських рішень. Співпраця з постачальниками та клієнтами відбувається в інтегрованому цифровому середовищі, а внутрішня комунікація між підрозділами забезпечується автоматизованими системами зворотного зв'язку, що оптимізує процеси управління. Це сприяє побудові прозорості та взаємопов'язаної цифрової екосистеми, де всі учасники оперативно обмінюються інформацією для досягнення спільної ефективності. Завдяки такій трансформації менеджмент переходить від реактивного до проактивного стилю управління.

2. Оптимізація. Розумні підприємства використовують високопродуктивні виробничі потужності з інтелектуальним управлінням, що забезпечує максимальну ефективність обладнання та мінімізує простої. Висока ступінь автоматизації та впровадження алгоритмів самонавчання дозволяють досягти бездефектного виробництва, зменшити потребу в ручній праці та мінімізувати втрати сировини, що сприяє підвищенню економічної та екологічної стійкості. Оптимізація охоплює не лише виробничу діяльність, а й логістику, енергоспоживання та управління персоналом, що дає змогу скоротити витрати та підвищити загальну продуктивність. Цифрові двійники процесів дозволяють

віртуально моделювати та удосконалювати операції ще до їх реального впровадження.

3. Прозорість. У розумних підприємствах інформаційна відкритість досягається завдяки комплексному використанню цифрових платформ, що забезпечують постійний доступ до актуальних даних у режимі реального часу. Прозорість у відстеженні замовлень, рівня запасів, виробничих процесів та логістичних ланцюгів підвищує точність прогнозування та сприяє швидкому прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Це створює умови для зниження інформаційної асиметрії між управлінськими рівнями та підвищує відповідальність усіх учасників виробничо-логістичного ланцюга. Прозорість також є запорукою довіри з боку партнерів, інвесторів та споживачів.

4. Проактивність. Використання штучного інтелекту та аналітики великих даних дозволяє розумним підприємствам прогнозувати можливі відхилення у виробничих процесах, своєчасно реагувати на потенційні загрози та запобігати критичним збоям. Це включає передбачення зниження якості продукції, автоматизоване управління запасами, превентивний моніторинг безпеки та своєчасне технічне обслуговування обладнання. Завдяки таким можливостям управління в розумних підприємствах стає більш аналітичним, здатним формувати сценарії розвитку подій і розробляти стратегії запобігання ризикам. Проактивність дозволяє не лише реагувати на зміни, а й випереджати їх, формуючи нові конкурентні переваги.

5. Гнучкість. Завдяки цифровим технологіям розумні підприємства швидко адаптуються до змін у ринковому середовищі, що дозволяє їм оперативно реагувати на коливання попиту, впроваджувати персоналізовані рішення для клієнтів і швидко змінювати виробничі процеси без втрати ефективності. Інтелектуальні алгоритми та автоматизовані системи управління сприяють оптимізації прийняття рішень та підвищенню стійкості до зовнішніх викликів.

Управління розумними підприємствами пов'язане з такими викликами:

1. технологічні зміни: Імплементация та управління новітніми технологіями, такими як штучний інтелект, IoT, аналітика, вимагає спеціалізованих знань та навичок.

2. Безпека даних. Розумне підприємство збирає та обробляє великі обсяги даних, що підвищує ризик порушення безпеки. Ефективне керування цим вимагає високого рівня кібербезпеки.

3. Інтеграція систем. При впровадженні нових технологій важливо забезпечити їхню взаємодію та інтеграцію з існуючими системами без втрати продуктивності.

4. Зміни в організаційній культурі. Впровадження розумних технологій часто вимагає змін в культурі підприємства та навчання персоналу новим навичкам.

5. Фінансові витрати. Розробка та підтримка інфраструктури для розумного підприємства може бути дорогою.

6. Регуляторні питання. У багатьох регіонах існують регуляторні вимоги, пов'язані з обробкою та зберіганням даних, що важливо враховувати.

Ефективне управління всіма цими викликами вимагає досвіду, стратегічного мислення та готовності до постійних змін.

Отже, методи управління розумними та звичайними підприємствами відрізняються враховуючи використання сучасних технологій у розумних підприємствах:

1. Використання технологій. Розумні підприємства активно використовують сучасні технології, такі як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), аналітика даних та інші, для оптимізації процесів та прийняття рішень. Звичайні підприємства можуть використовувати менш автоматизовані підходи.

2. Аналітика та великі дані. Розумні підприємства активно використовують аналітику великих обсягів даних для отримання цінної інформації. У порівнянні, звичайні підприємства можуть використовувати менш розвинені аналітичні підходи.

3. Цифрова трансформація. Розумні підприємства активно здійснюють цифрову трансформацію, переходячи до цифрових технологій та процесів. Звичайні підприємства можуть бути менш активними у цьому напрямі.

4. Гнучкість та реакція на зміни. Розумні підприємства частіше здатні швидко адаптуватися до змін у ринкових умовах завдяки використанню технологій та аналізу даних. Звичайні підприємства можуть мати меншу гнучкість.

5. Культура інновацій. Розумні підприємства сприяють культурі інновацій та постійному вдосконаленню. Звичайні підприємства можуть бути менш орієнтовані на інновації.

Враховуючи ці відмінності, важливо, щоб підприємства визначали свій рівень готовності до цифрової трансформації та вибирали методи управління, які відповідають їхнім конкретним потребам і стратегіям (рис. 1.11) [38].

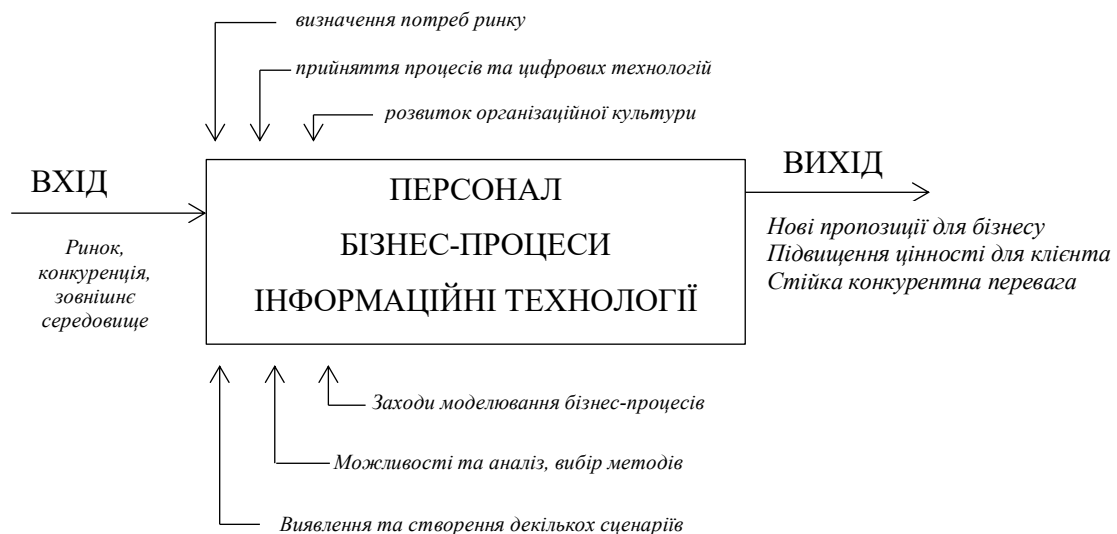


Рис. 1.11. Трансформація бізнес-моделі підприємства в умовах Індустрії 4.0

*власна розробка автора

Вирішення проблем інтелектуального управління підприємства має здійснюватися на основі концепції їх природньої та штучної інтелектуалізації, поєднання природного та штучного інтелекту, шляхом створення управлінських людино-кіберфізичних систем [117].

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

1. Активний розвиток 4 D Індустрії дає можливість підприємствам використовувати її інструменти для досягнення поставлених цілей та забезпечення їх конкурентоспроможності в сучасному бізнес-середовищі. Використання інструментів арсеналу 4 D Індустрії робить підприємства «розумними». У роботі проаналізовано змістове наповнення економічної сутності поняття «розумні підприємства» вітчизняними та зарубіжними вченими та практиками та з'ясовано, що поняття доволі молоде та розмите за сутністю. У дослідження виокремлено фундаментальні ключові аспекти, на яких вчені роблять акцент уваги як на фундаменті «розумних підприємств». Це дало змогу сформулювати власне бачення щодо змістового наповнення поняття «розумне підприємство». Це стало важливим кроком для подальшого теоретичного осмислення та практичного впровадження принципів цифрової трансформації. Чітке розуміння цього поняття дозволяє формувати ефективні управлінські стратегії та адаптувати бізнес до викликів 4D-індустрії.

2. Розвинуто характеристику типів «розумного підприємства», що дає можливість показати різницю між цифровими, розумними та віртуальними через призму мети здійснення, об'єкта здійснення, масштабу змін, систем та технологій, які лежать в основі цифровізації різних типів «розумних» підприємств та ризиків, які є притаманними для кожного типу. Такий підхід дозволяє керівникам не лише ідентифікувати тип свого підприємства у процесі цифрової трансформації, а й обрати найбільш релевантну стратегію розвитку, яка враховує як потенціал, так і загрози цифровізації.

3. Досліджено теоретичний аспект еволюційного індустріального розвитку із виокремленням ключових елементів, що характеризують кожен етап розвитку Індустрії від 1.0. до 6.0. Особливу увагу приділено Індустрії 4.0, в межах якої сформовано перелік ключових технологій: Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення, великі дані (Big Data), доповнена реальність (AR), адитивне виробництво (3D-друк), штучний інтелект (AI), блокчейн, цифрові двійники

тощо. Ці технології є основою для цифрової трансформації підприємств, відкриваючи широкі можливості щодо підвищення ефективності, адаптивності, прозорості та інноваційної активності бізнесу.

4. Розвинуто концептуальні засади формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії, зокрема розроблено процес цифрової трансформації підприємств в умовах Індустрії 4.0. Цифрова трансформація бізнесу полягає в кардинальній зміні ментальних моделей, основним драйвером якої є цифровізація різних сфер суспільного розвитку. Особливостями є те, що на вході постійно з'являються нові можливості та виклики, нові вигоди та ризики. Запропоновано модель зміни внутрішнього середовища, яка описує, як цифровізація трансформує основні компоненти організації: цілі, структуру, процеси, культуру, лідерство, систему мотивації та управління знаннями, які викликані цифровою трансформацією бізнесу.

5. Схематично представлено трансформацію бізнес-моделі підприємства в умовах Індустрії 4.0. Вирішення проблем інтелектуального управління підприємства має здійснюватися на основі концепції їх природньої та штучної інтелектуалізації, поєднання природного та штучного інтелекту, шляхом створення управлінських людино-кіберфізичних систем. Інтелектуальне управління в умовах Індустрії 4.0 стає основою сталого конкурентного розвитку, а бізнес-модель підприємства поступово еволюціонує від традиційної до цифрово-мережевої, орієнтованої на дані, відкриті платформи, інноваційні продукти та клієнтоцентричність.

Результати авторських напрацювань відображено у наукових публікаціях: (Кісь С., 2022; Шнак Н., Кісь С., 2022 (b); Шнак Н., Кісь С., 2022(c); Шнак Н., Кісь С., 2023; Шнак Н., Кісь С., 2024 (a); Шнак Н., Кісь С., 2024 (b)).

РОЗДІЛ II. ДІАГНОСТИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІНДУСТРІЇ 4.0 ВІТЧИЗНЯНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

2.1. Аналізування тенденцій розвитку та практичного застосування інструментів Індустрії 4.0

Виклики сьогодення та пришвидшений розвиток бізнес-середовища орієнтують на те, що особлива увага вітчизняних практиків і теоретиків повинна приділятися використанню інструментів Індустрії 4.0, яка стала найбільш вагомим концепцією розвитку економіки. Підтвердженням важливості та ефективності використання інструментів Індустрії 4.0 на ефективність діяльності підприємств та зростаюча роль концепції Індустрії 4.0 у розвитку економіки, зокрема переорієнтацію на цифрову економіку, підтверджується практичними досягненнями та позитивними результатами інших країн, де ця дієвість вже перевірена часом. Адже концепція вперше була сформульована ще у 2011 р. (Ганноверська промислова виставка-ярмарок), була основною тематикою на 46-му Всесвітньому економічному форумі в Давосі у 2016 р. [12]. На глобальному рівні спостерігається зростаючий інтерес до цієї концепції, адже за останнє десятиліття багато розвинених країн прийняли державні програми щодо здійснення цифрового трансформування їх національних економік [12]:

- Німеччина (“Industrie 4.0”, 2011 р.);
- Італія (“La Fabbrica del Futuro”, 2012 р.);
- Великобританія (“High Value Manufacturing Catapult”, 2013 р.);
- США (“Industrial Internet Consortium”, 2014 р.),
- Японія (“Industrial Value Chain Initiative”, 2014 р.),
- Індія (“Make in India”, 2014 р.);
- Франція (“Usine du Futur”, 2015 р.),
- Китай (“Made in China”, 2015 р.),
- Сінгапур (“Singapore Manufacturing Consortium”, 2015 р.);

- Іспанія (“Industria Conectada 4.0”, 2017 р.) і т. д.

Зміст, закладений в концепції Індустрії 4.0 означає такий підхід до цифрової трансформації організацій, при якому застосуванням цифрових технологій, які включені до арсеналу інструментів Індустрії 4.0, набуде нових способів комунікації та взаємодії з людьми та з обладнанням, що підвищить показники результативності.

Результати досліджень демонструють такі факти: в той час коли 17% українських компаній використовують інновації в країнах ЄС цей показник становить близько 49%. У агропромисловому комплексі України один працівник формує додану вартість менше 7 тис. \$, а в ЄС – більш 26,5 тис. \$. У промисловості продуктивність праці в Україні на одного працівника близько 10 тис. \$, а в ЄС понад 75,8 тис. \$. Можна модернізувати обладнання, трансформувати неефективні виробничі та управлінські процеси, зменшити зловживання, тощо. Але ключ до вирішення проблем – цифрові технології [31].

Варто зауважити – на світовому ринку прогнозують, що до 2027 р. обсяг глобального ринку «розумних підприємств» досягне 137,6 млрд дол., при зростанні ринку на 9,9% CAGR (Compound Annual Growth Rate – це показник складного річного темпу зростання) протягом прогнозованого періоду; «розумне підприємство» розглядатиметься як концепція, в якій обладнання та машини можуть покращувати процеси за допомогою їхньої самооптимізації й автоматизації [1].

Україна входить до п'ятірки європейських країн, які створюють дві третини ІТ-доданої вартості в регіоні (разом з Румунією, Польщею, Чехією та Угорщиною).

Відповідно до оновлених даних Нацбанку України [28], у 2023 році ІТ-індустрія принесла в українську економіку 6,7 млрд \$ завдяки експорту своїх послуг. Це на 8,5%, або на 622 млн \$, менше за показник 2022 року. Обсяг ІТ-експорту впав до рівня 2021 року, коли він становив 6,9 млрд \$.

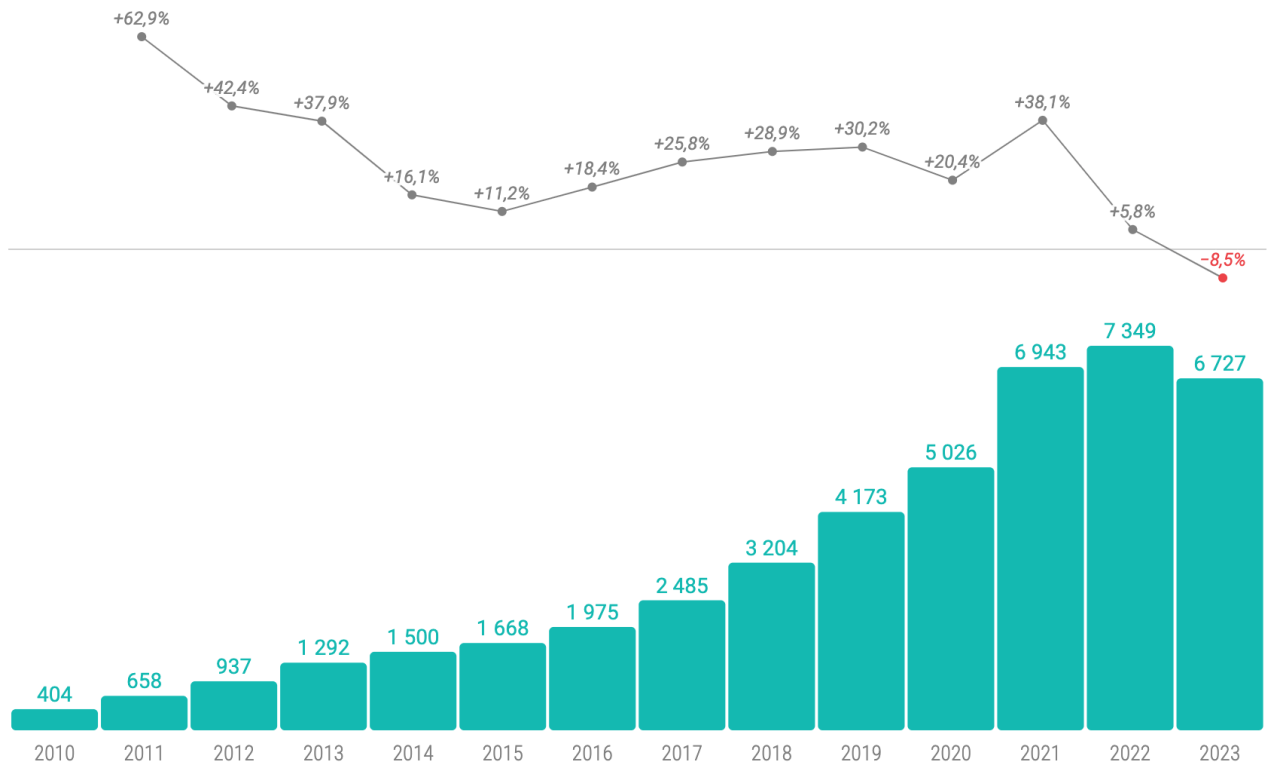


Рис. 2.1. Динаміка ІТ-експорту з 2010-го до 2023 року, річний обсяг млн \$, темпи приросту % [28]

Наведені показники свідчать про потенціал вітчизняної ІТ індустрії, про можливість впроваджувати ІТ продукти в українські підприємства, надавати їм нові можливості, створювати додану вартість продукту і вже в готовому вигляді експортувати продукцію. Адже важливим є не сам продукт (ІТ), а можливості, які отримуються від його використання. Отож, важливим є дослідити динаміку використання інструментів Індустрії 4.0 у світі і в Україні, зокрема.

Інтернет речей набирає обертів у всіх сферах – від промислового виробництва і медицини до пристроїв для домашнього використання. Завдяки розвитку комунікаційних технологій типу 5G, реальністю стають навіть ті речі, які ще два десятиліття тому здавалися науковою фантастикою, наприклад, концепція “розумних міст”.

У 2024 році кількість «розумних» будинків у США становитиме 69,91 мільйона. У 2025 році вона збільшиться до 77,05 мільйона, а у 2026 році – до

84,92 мільйона. До 2027 року розумними пристроями користуватимуться 93,59 мільйона американських домогосподарств.

За прогнозами, кількість пристроїв Інтернету речей (IoT) у світі майже подвоїться з 15,1 мільярда у 2020 році до понад 29 мільярдів у 2030 році [147].

Технологія Інтернету речей (Internet of Things) посіла третє місце за кількістю впроваджених або запланованих до впровадження технологій у північноамериканських та європейських організаціях у 2023 році. Прикладне використання Інтернету речей за сферами представлено на рис. 2.2.

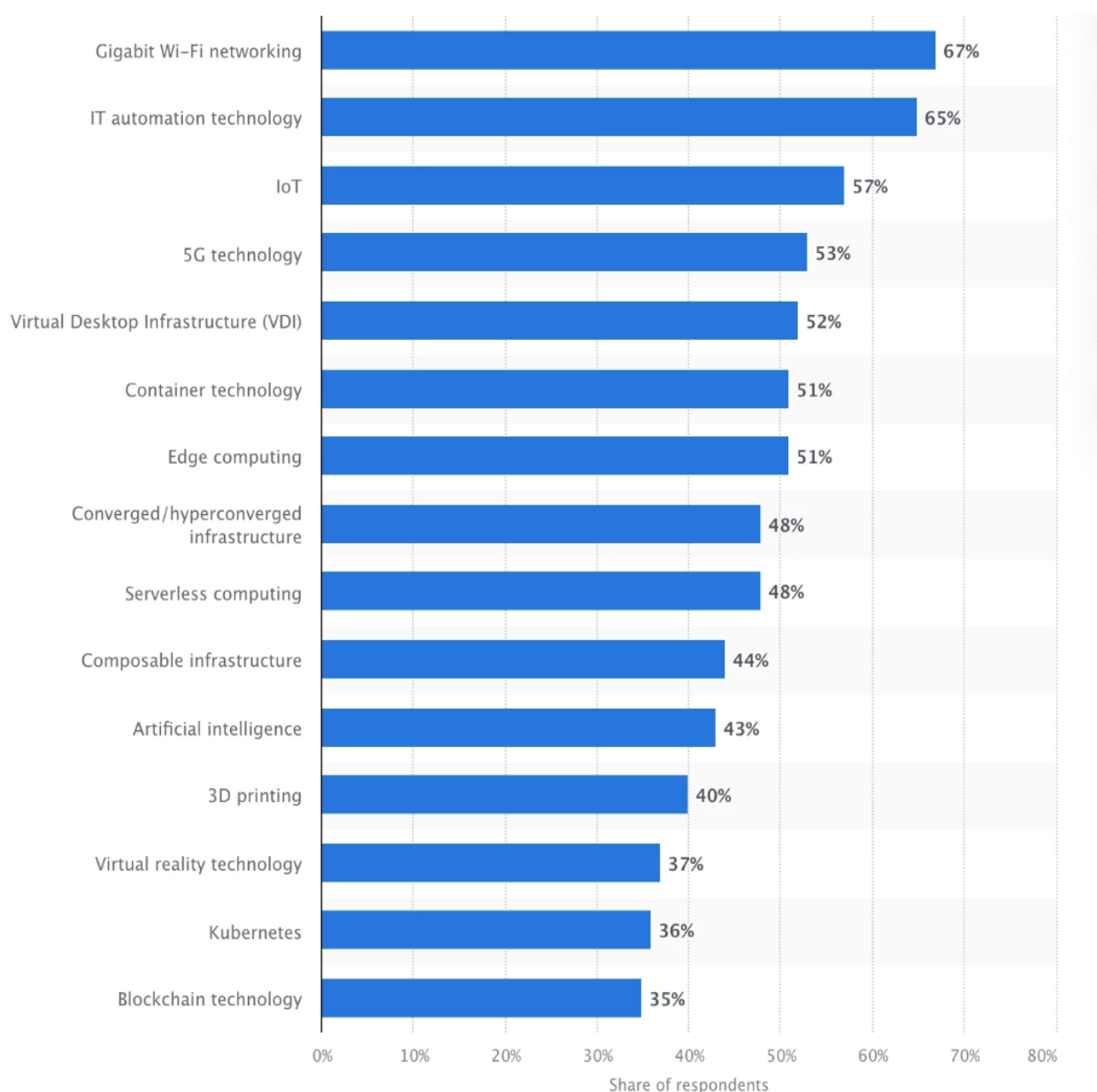


Рис. 2.2. Сфери використання інтернету речей у 2023 р.

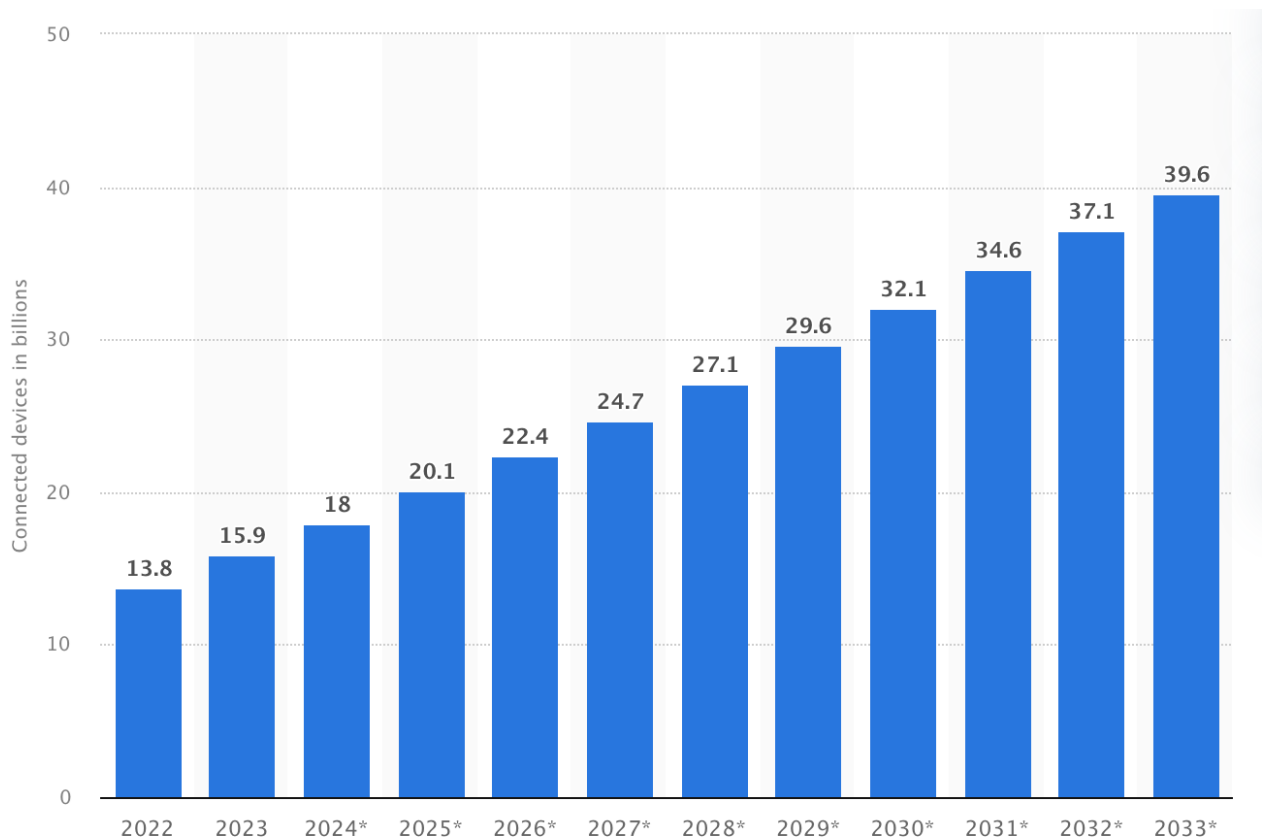


Рис. 2.3. Кількість підключень до Інтернету речей (IoT) у всьому світі з 2022 по 2023 рік, з прогнозами з 2024 по 2033 рік [143]

Сучасні технології штучного інтелекту відкривають нові можливості для бізнесу, надаючи їм широкі інструменти для оптимізації процесів у різних галузях. Впровадження ШІ допомагає знижувати витрати, що позитивно впливає на загальні фінансові результати компаній. Сьогодні провідні світові корпорації активно інтегрують штучний інтелект у свою діяльність, використовуючи його для створення нових продуктів і вдосконалення наявних. Завдяки застосуванню ШІ підприємства можуть заощаджувати час на обробку великих обсягів інформації, тоді як ключові співробітники можуть зосередитися на більш творчих завданнях. Для досягнення максимального ефекту підприємствам варто розвивати співпрацю між людиною і технологіями, де кожна сторона доповнюватиме одна одну, утворюючи міцний союз знань, швидкості, досвіду та

навичок. На рис. 2.4 наведено рейтинг іноземних компаній, які впроваджують ІІІ за обсягом їхньої капіталізації.

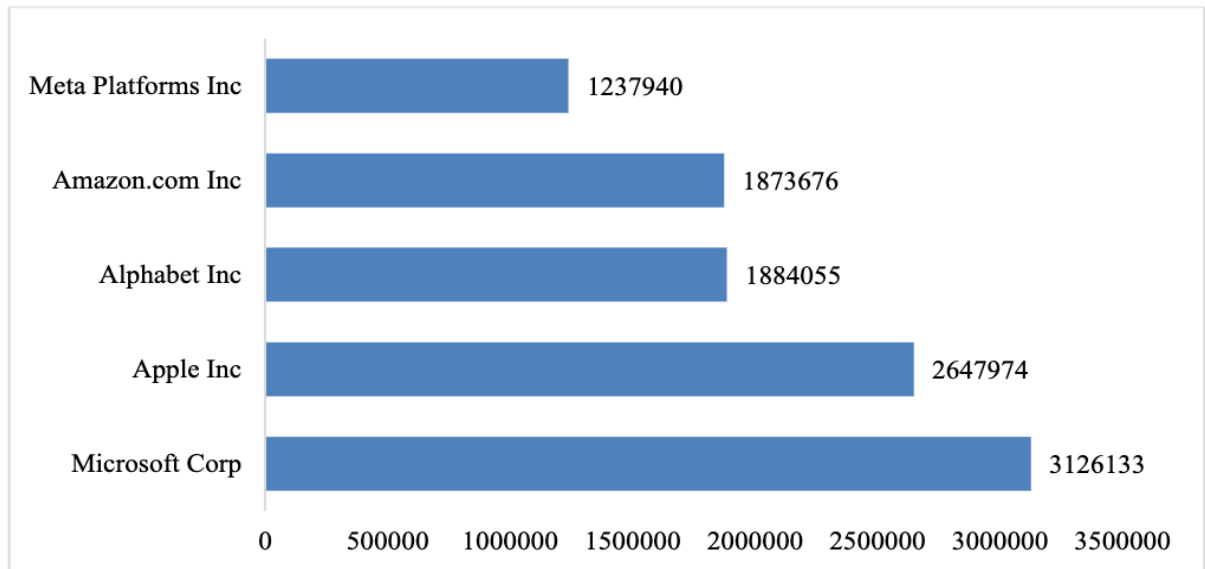


Рис. 2.4. Топ ІІІ-компаній за обсягом капіталізації за 2023 рік, млрд дол. США [7]

З рис. 2.4 видно, що компанія Microsoft є лідером за рівнем капіталізації. Незважаючи на високі прибутки, вона постійно зосереджується на розробці інновацій та інвестує у розвиток штучного інтелекту. Це також стосується й інших чотирьох компаній, які, попри свої прибутки та домінування на ринку, продовжують впроваджувати нові рішення.

Що ж стосується вітчизняної промисловості, то варто відзначити, що Українська промисловість почала активно трансформуватися після 2014 р. з появою руху Industry 4.0, який передбачає повністю автоматизоване виробництво та керування всіма процесами в режимі реального часу. Дані статистичних досліджень показують, що все більше українських промислових підприємств впроваджують у свої бізнес-процеси технології Big Data, 3D -друку, хмарних сервісів та робототехніки.

Українська промисловість демонструє поступову трансформацію у напрямку Індустрії 4.0, інтегруючи інноваційні технології в бізнес-процеси. Згідно зі статистикою, середня частка інноваційно активних підприємств у промислових галузях зростає, що підтверджує позитивну динаміку. Водночас рівень впровадження інновацій залишається неоднорідним: лідирує переробна

промисловість (13,1%), тоді як водопостачання має найнижчі показники (8,9%). Це вказує на необхідність подальшого стимулювання інновацій, зокрема в менш активних секторах, для забезпечення збалансованого розвитку промисловості [23].

SWOT-аналіз практичного застосування інструментів Індустрії 4.0 в Україні допоможе виокремити потенціал та виклики, які потребують системного підходу до вирішення (табл. 2.1).

SWOT-аналіз показує, що Україна має значний потенціал для впровадження Індустрії 4.0, проте існують суттєві виклики, які потрібно вирішувати. Запропоновані стратегії дозволяють ефективно використовувати можливості, мінімізувати ризики та подолати слабкі сторони в контексті реалізації Індустрії 4.0 в Україні.

Таким чином, хоча розвиток Індустрії 4.0 в Україні йде повільно, в останні роки спостерігається активізація діяльності у напрямку цифровізації виробничих процесів, особливо за участі міжнародних програм та підтримки кластерної співпраці. Для подальшого прискорення цих процесів необхідне створення системної фінансової підтримки та налагодження ефективної співпраці між урядом, науковими установами та бізнесом.

Попри значний потенціал Індустрії 4.0, в Україні існує низка бар'єрів, які уповільнюють її впровадження. Серед ключових проблем можна виділити наступні:

1. *Недостатня цифрова інфраструктура.* Брак високошвидкісного інтернету, особливо в сільських та віддалених регіонах, обмежує можливості використання Інтернету речей (IoT) та хмарних сервісів.
2. *Низький рівень інвестицій.* Через економічну нестабільність підприємства не готові вкладати значні кошти в модернізацію виробничих потужностей і впровадження нових технологій.
3. *Недостатність кваліфікованих кадрів.* В Україні існує дефіцит фахівців із цифрових технологій, таких як програмування, аналітика даних, робототехніка, що є критично важливими для реалізації проєктів Індустрії 4.0.

Таблиця 2.1

SWOT- аналіз практичного застосування інструментів Індустрії 4.0 в Україні

	Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
	• Високий рівень IT-розробок: Україна має розвинуту IT-індустрію, яка може забезпечити необхідні рішення для впровадження технологій Індустрії 4.0. • Зростаючий інтерес до інновацій: Все більше підприємств впроваджують технології Big Data, робототехніку, 3D-друк, що сприяє цифровій трансформації. • Наявність кваліфікованих кадрів: Значний потенціал спеціалістів у галузях програмування, інженерії та аналізу даних. • Географічне положення: Близькість до ринків ЄС відкриває можливості для експорту інноваційних рішень. • Підтримка євроінтеграції: Європейські ініціативи сприяють впровадженню сучасних стандартів і технологій.	• Нерівномірний розвиток інфраструктури: Брак цифрових технологій у віддалених регіонах. • Низький рівень інвестицій: Висока вартість впровадження стримує розвиток технологій у малому та середньому бізнесі. • Недостатня обізнаність: Частина підприємців не усвідомлює переваг і можливостей технологій Індустрії 4.0. • Повільне регулювання: Відсутність правової бази для впровадження новітніх технологій, таких як блокчейн і ШІ. • Опір змінам: Традиційний підхід до управління обмежує швидкість інтеграції інновацій
Можливості (O)	SO - стратегія	WO - стратегія
• Підтримка від міжнародних організацій: Гранти та інвестиції можуть сприяти розвитку цифрових технологій. • Розвиток кластерів і технопарків: Створення інноваційних екосистем сприятиме кооперації між бізнесом, наукою та державою. • Експорт інноваційних продуктів: Можливість виведення на міжнародний ринок унікальних розробок. • Розвиток «зелених» технологій: Впровадження екологічно чистих рішень сприятиме сталому розвитку. • Освітні ініціативи: Розширення програм підготовки кадрів для цифрової економіки.	• Використання сильної IT-індустрії для розробки та експорту інноваційних рішень у галузі Індустрії 4.0 на міжнародні ринки. • Створення технопарків та інноваційних кластерів, спираючись на високу кваліфікацію українських спеціалістів і підтримку євроінтеграції. • Впровадження програм підготовки та підвищення кваліфікації кадрів із цифрових технологій у співпраці з освітніми закладами. • Розширення використання "зелених" технологій для сталого розвитку промисловості з інтеграцією рішень Big Data та робототехніки.	• Залучення міжнародних грантів і програм підтримки для модернізації цифрової інфраструктури, особливо у віддалених регіонах. • Проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності бізнесу щодо переваг Індустрії 4.0 та доступних рішень. • Створення пільгових умов для малого та середнього бізнесу з метою зниження витрат на впровадження технологій. • Активізація законодавчої діяльності для врегулювання використання блокчейну, штучного інтелекту та інших новітніх технологій.

Продовження табл.2.1.

Загрози (Т)	ST - стратегія	WT - стратегія
• Економічна нестабільність: Коливання курсу валют і низький рівень фінансування можуть уповільнити розвиток. • Кіберзагрози: Підвищена ймовірність атак через збільшення кількості підключених пристроїв. • Міграція фахівців: Втрата кваліфікованих кадрів через еміграцію до країн з вищим рівнем оплати праці. • Глобальна конкуренція: Високий рівень конкуренції на міжнародному ринку інновацій. • Соціальний опір: Сприйняття автоматизації як загрози для робочих місць.	• Використання високого рівня ІТ-компетенцій для розробки ефективних рішень у сфері кібербезпеки. • Активізація співпраці з ЄС для зміцнення економічної стабільності й залучення інвестицій у галузь Індустрії 4.0. • Створення умов для утримання кадрів через забезпечення конкурентних зарплат та умов роботи для спеціалістів цифрових технологій. • Розробка стратегій для зниження соціального опору через навчання і перекваліфікацію працівників, чиї професії можуть бути автоматизовані.	• Розробка та впровадження державних програм для стимулювання інвестицій у цифрову інфраструктуру.. • Розвиток партнерств між державними і приватними структурами для спільного подолання нерівномірного розвитку регіонів і галузей. • Інтенсифікація освітніх ініціатив, щоб подолати дефіцит кадрів і зменшити міграцію високо-кваліфікованих спеціалістів. • Запровадження стимулюючих програм для залучення міжнародних інвестицій і посилення конкурентоспроможності українських підприємств на глобальному ринку.

4. *Слабка підтримка з боку держави.* Відсутність комплексних державних програм і стимулів для впровадження цифрових технологій стримує розвиток Індустрії 4.0. Також спостерігається недостатнє правове регулювання технологій, таких як блокчейн, штучний інтелект тощо.
5. *Висока вартість впровадження.* Для багатьох малих і середніх підприємств (МСП) впровадження технологій Індустрії 4.0 є занадто дорогим, що обмежує їхню доступність.
6. *Опір змінам на підприємствах.* Традиційний підхід до управління та небажання змінювати бізнес-процеси стримують інтеграцію інноваційних технологій у діяльність компаній.
7. *Ризики кібербезпеки.* Зростання кількості підключених пристроїв і обсягу даних збільшує загрози кібератак, що викликає сумніви у безпеці впровадження цифрових технологій.
8. *Відсутність екосистеми для інновацій.* В Україні слабо розвинені кластери, інкубатори та технопарки, які могли б об'єднати підприємства, стартапи, університети та уряд для співпраці у впровадженні Індустрії 4.0.
9. *Низька обізнаність бізнесу.* Багато підприємців не усвідомлюють переваг Індустрії 4.0 або мають недостатньо інформації про можливості технологій для підвищення ефективності бізнесу.
10. *Нерівномірний розвиток секторів економіки.* Деякі галузі, наприклад ІТ, активно інтегрують технології Індустрії 4.0, тоді як інші, як-от сільське господарство або легка промисловість, відстають через структурні чи фінансові обмеження.

Вище наведені бар'єри слугують тим напрямком, на якому потрібно робити певні дії. Для подолання цих бар'єрів потрібна системна робота на державному, бізнесовому та суспільному рівнях, включаючи впровадження стимулів, розвиток освіти та підвищення інвестиційної привабливості України. Проте бар'єри є завжди на шляху розвитку усіх процесів та технологій, тому на практиці більшу увагу потрібно приділити тим можливостям, які відкриває використання інструментів Індустрії 4.0. На рис. 2.5 наведено можливості практичного застосування інструментів Індустрії 4.0 в Україні.



Рис. 2.5. Можливості застосування інструментів Індустрії 4.0 в Україні.

Індустрія 4.0 передбачає цифрову трансформацію виробничих процесів за допомогою інноваційних технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), Інтернет речей (IoT) [52], великі дані, автоматизація, робототехніка та блокчейн [136]. В Україні ці інструменти мають широкий спектр практичних застосувань (рис. 2.5).

Реалізація цих можливостей вимагає розвитку цифрової інфраструктури, правового регулювання, інвестицій у дослідження та інновації, а також підвищення обізнаності підприємств і суспільства щодо переваг цифровізації.

2.2. Діагностика використання ІТ-інструментарію на підприємствах Львівщини

Використання технологій Індустрії 4.0 допомагає сучасним підприємствам функціонувати і покращувати їхні конкурентні позиції, враховуючи економічну нестабільність, мінливі умови ринкового середовища, швидкі зміни у смаках споживачів, викликані науково-технічним прогресом і т.п. Проте ступінь використання цифрових технологій на підприємствах залежить від низки факторів, зокрема: розмір підприємства, сфери діяльності, готовності керівництва до змін і т.п.

Для поглибленого вивчення актуальних проблем цифровізації бізнес-процесів на підприємствах Львівської області, аналізу використання ними у своїй діяльності інструментів Індустрії 4.0 проведено вибіркове обстеження економічно активних підприємств у формі онлайн-опитування.

Опитування підприємств Львівщини підготовлено і проведено за організаційної та методичної підтримки Головного управління статистики у Львівській області.

Запитання анкетного опитування наведено у Додатку А.

Спосіб анкетування – онлайн опитування.

Інструментарій – спеціально розроблений запитальник, реалізований з використанням Google Forms.

Період анкетування – 04.04.2024-29.04.2024 рр.

Генеральна сукупність – економічно активні підприємства Львівської області. За даними Головного управління статистики у Львівській області кількість підприємств (без бюджетних установ і банків) на початок 2022 року становила 21186 од., з них 31– великі, 1068 – середні, 20087 – малі. Великі підприємства забезпечують 16,5% зайнятості працюючих осіб, середні і малі відповідно 53,1% і 30,4%. (Дані за наступні роки недоступні, у зв'язку з введенням обмежень щодо оприлюднення інформації під час дії військового стану).

Вибірка підприємств стратифікована за ознаками «розмір підприємства» і «вид економічної діяльності». Репрезентативність вибірки та участь підприємств у опитуванні забезпечило Головне управління статистики у Львівській області відповідно до укладеної угоди на основі запиту на проведення вибіркового обстеження (див. Додаток Б).

Обсяг вибірки – 302 підприємства або 1,5% від економічно активних підприємств. Похибка вибірки для цільових ознак не перевищує $\pm 1\%$.

У табл. 2.3-2.6 подано розподіл вибірки підприємств-респондентів за ознаками стратифікації, а також адміністративними районами Львівської області і кількістю років функціонування на ринку.

Таблиця 2.3

Розподіл підприємств вибірки за кількістю зайнятих

Групи підприємств за кількістю зайнятих	Кількість підприємств у вибірці	% до обсягу вибірки	% до відповідної групи усіх підприємств Львівської області
До 50 осіб	169	56,0	0,8
51-250 осіб	102	33,7	9,6
Понад 250 осіб	31	10,3	100,0
Всього	302	100,0	1,5

Результати розподілу підприємств вибірки за кількістю зайнятих, що наведені у табл. 2.3, показали, що підприємства, у яких чисельність працюючих

становить до 50 осіб займають 56% серед підприємств із вибірки; підприємства за кількістю зайнятих від 51 до 250 осіб становлять 33,7% до обсягу вибірки та 9,6% – до відповідної групи усіх підприємств Львівської області. Найменше – 10,3% до обсягу вибірки спостерігається підприємств із кількістю зайнятих понад 250 осіб.

Таблиця 2.4

Розподіл підприємств вибірки за видами економічної діяльності

Види економічної діяльності підприємств	Кількість підприємств у вибірці	% до обсягу вибірки	% до відповідної групи підприємств області
Будівництво	24	7,9	1,1
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	7	2,3	0,7
Інформація та телекомунікації	2	0,7	0,2
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	1	0,3	0,9
Надання інших видів послуг	26	8,6	12,3
Операції з нерухомим майном	7	2,3	0,3
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	48	15,9	0,8
Освіта	7	2,3	4,2
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	11	3,6	2,4
Промисловість	120	39,7	3,9
Професійна, наукова та технічна діяльність	6	2,0	0,4
Сільське, лісове та рибне господарство	21	7,0	1,4
Тимчасове розміщування й організація харчування	3	1,0	0,4
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	19	6,3	2,1
Всього	302	100,0	1,5

Аналізуючи розподіл підприємств вибірки за видами економічної діяльності, варто підкреслити, що найбільше – 120 підприємств із 302, тобто 39,7% за видом економічної діяльності належать до промисловості. Їх вибірка становить 3,9% до відповідної групи підприємств області. Серед аналізованих 15,9% становлять підприємства, що належать до оптової та роздрібно торгівлі; ремонту автотранспортних засобів і мотоциклів. Найменше за кількістю у вибірці становлять підприємства, які за видом економічної діяльності віднесено

до мистецтва, спорту, розваг та відпочинку – 1; до інформації та телекомунікацій – 2; до тимчасового розміщування й організації харчування – 3.

Результати проведеного аналізу за розподілом підприємств вибірки за районом здійснення діяльності у Львівській області (табл. 2.5) показали, що найбільша кількість підприємств у вибірці – 183 (60,6%) розташовані у Львівському районі, із значним розривом, проте друге місце посідає Дрогобицький район, де функціонує 53 (17,5%) підприємства із вибірки. Найменша кількість підприємств серед аналізованих здійснює свою діяльність у Яворівському районі – 4 (1,3%) та у Самбірському районі – 11 (3,6%).

Таблиця 2.5

Розподіл підприємств вибірки за районом здійснення діяльності
у Львівській області

Райони області	Кількість підприємств у вибірці	% до обсягу вибірки
Дрогобицький	53	17,5
Золочівський	18	6,0
Львівський	183	60,6
Самбірський	11	3,6
Стрийський	18	6,0
Червоноградський	15	5,0
Яворівський	4	1,3
Всього	302	100,0

Розподіл підприємств вибірки за кількістю років функціонування на ринку, що наведений в табл. 2.6, показав, що 72,2% становлять підприємства, які вже понад 10 років функціонують на ринку. Проте 46 (15,2% до обсягу вибірки) на ринку функціонують від 1 до 5 років.

Таблиця 2.6

Розподіл підприємств вибірки за кількістю років функціонування на ринку

Групи підприємств за кількістю років роботи на ринку	Кількість підприємств у вибірці	% до обсягу вибірки
Від 1 до 5 років	46	15,2
Від 6 до 10 років	38	12,6
Понад 10 років	218	72,2
Всього	302	100,0

Для більш детального аналізу проведемо комбінаційний розподіл (табл. 2.7-2.9).

Таблиця 2.7

Комбінаційний розподіл підприємств за ознаками: основний вид економічної діяльності та розмір підприємства за кількістю працюючих

Основний вид економічної діяльності	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Будівництво	5	13	6	-	24
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	1	1	5	-	7
Інформація та телекомунікації	-	1	1	-	2
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	-	1	-	-	1
Надання інших видів послуг	5	13	6	2	26
Операції з нерухомим майном	1	4	1	1	7
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	13	16	14	5	48
Освіта	-	2	3	2	7
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	2	2	1	6	11
Промисловість	8	49	50	13	120
Професійна, наукова та технічна діяльність	1	2	2	1	6
Сільське, лісове та рибне господарство	7	8	6	-	21
Тимчасове розміщування й організація харчування	-	2	-	1	3
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	1	11	7	-	19
Всього	44	125	102	31	302

Результати проведеного комбінаційного розподілу підприємств показали, що розмір підприємства за кількістю працюючих змінюється в залежності від виду економічної діяльності цих підприємств. Зокрема: у будівництві спостерігається

левова частка малих підприємств – 13 (54,1%), де кількість зайнятих становить 11-50 осіб; серед підприємств, які ведуть діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування найбільше спостерігається середніх підприємств, де кількість зайнятих є 51-250 осіб – 71,4%; найбільше – 54,54% серед великих підприємств, де кількість зайнятих становить понад 250 осіб спостерігається у сфері охорони здоров'я та надання соціальної допомоги. Що стосується мікропідприємств, де кількість працюючих становить до 10 осіб, то найбільше (33,3%) таких спостерігається у сільському, лісовому та рибному господарстві і в оптовій та роздрібній торгівлі; ремонті автотранспортних засобів і мотоциклів – 27%. Проте є такі види економічної діяльності, де нема мікропідприємств, наприклад: інформація та телекомунікації; мистецтво, спорт, розваги та відпочинок; освіта; тимчасове розміщування й організація харчування. Серед підприємств вибірки не спостерігається великих за розміром підприємств із кількістю працюючих понад 250 осіб у таких видах економічної діяльності як: будівництво; діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування; інформація та телекомунікації; мистецтво, спорт, розваги та відпочинок; сільське, лісове та рибне господарство; транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність. Що стосується малих підприємств, де кількість працюючих становить від 11-50 осіб, то вони займають 41,39% до усіх підприємств вибірки та спостерігаються за всіма видами економічної діяльності. Щодо середніх підприємств (кількість працюючих – 51-250 осіб), то їх питома становить 33,77% та вони спостерігаються за всіма видами економічної діяльності, окрім мистецтва, спорту, розваг та відпочинку і закладів тимчасового розміщування й організації харчування.

Також доцільно провести комбінаційний розподіл підприємств за ознаками район розміщення та розмір підприємства за кількістю працюючих.

Результати представленого комбінаційного розподілу, що подано в табл. 2.8 показали, що найбільше підприємств – 60,59% розташовані у Львівському районі. Серед них найбільше малих підприємств (із кількістю

працюючих від 11-50 осіб) – 79 (43,17%), а найменше спостерігається великих підприємств (із кількістю працюючих понад 250 осіб) – 17 (9,2%). Найменше підприємств аналізованої вибірки функціонує у Яворівському районі – 1,32%.

У загальній структурі мікропідприємства, де кількість працюючих становить до 10 осіб, займають 14,56%. Серед них – 75% розташовані у Львівському районі.

Таблиця 2.8

Комбінаційний розподіл підприємств за ознаками: район та розмір підприємства за кількістю працюючих

Район	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Дрогобицький	6	27	16	4	53
Золочівський	1	7	9	1	18
Львівський	33	79	54	17	183
Самбірський	0	4	5	2	11
Стрийський	2	6	8	2	18
Червоноградський	1	1	9	4	15
Яворівський	1	1	1	1	4
Всього	44	125	102	31	302

Малі підприємства (чисельність працюючих – 11-50 осіб) у загальній структурі вибірки становлять 41,39%. Серед них найбільше розташовано у Львівському районі – 63,2% та у Дрогобицькому районі – 21,6%. Найменше малих підприємств функціонують у Червоноградському та Яворівському районах – по 0,8%.

Середні підприємства із кількістю працюючих від 51-250 осіб у загальній структурі становлять 33,77%. Серед них ледь частка функціонує у Львівському районі – 52,9%. 15,6% середніх підприємств розташовано у Дрогобицькому районі. Саме середніх підприємств найбільше функціонує в Золочівському районі – 50%; в Самбірському районі – 45,45%; у Стрийському районі – 44,44% та у Червоноградському районі – 60%. Великі підприємства, із кількістю працюючих понад 250 осіб, становлять у загальній вибірковій сукупності

10,26%. Серед них 54,83% функціонує у Львівському районі, по 12,9% – у Дрогобицькому та Червоноградському районах.

Аналізуючи результати комбінаційного розподілу підприємств за ознаками: кількість років функціонування на ринку та розмір підприємства за кількістю працюючих (табл. 2.9), відзначимо, що лєвова частка – 72,18%

Таблиця 2.9

Комбінаційний розподіл підприємств за ознаками: кількість років функціонування на ринку та розмір підприємства за кількістю працюючих

Кількість років функціонування на ринку	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
від 1 до 5 років	7	19	14	6	46
від 6 до 10 років	2	21	13	2	38
понад 10 років	35	85	75	23	218
Всього	44	125	102	31	302

підприємств із вибірки функціонують на ринку вже понад 10 років. Найбільше малих 85 або 38,99% та середніх 75 підприємств або 34,4% із таким стажем функціонування, а найменше – великих – 23 підприємства, що становить 10,55%. Найменша частка підприємств із вибірки – 17,43% функціонують на ринку від 6 до 10 років, зокрема лише по 2 підприємства – мікро та великих, що становить по 5,2%; найбільше малих підприємств – 21 або 55,26%, а середні за кількістю працюючих підприємства із таким терміном функціонування становлять 34,21%. Що ж стосується підприємств із терміном функціонування від 1 до 5 років, то найбільше таких є середніми за кількістю працюючих – 19, що становить 41,3%. Найменше – великих та мікро – 13,04% та 15,21% відповідно. Середні підприємства із кількістю працюючих від 51 до 250 осіб займають 30,43% серед тих, що функціонують від 1 до 5 років.

Проведений вище розподіл підприємств вибірки за ознаками: за кількістю зайнятих; за видами економічної діяльності; за районом здійснення діяльності у Львівській області; за кількістю років функціонування на ринку, а також здійснений на його основі комбінаційний розподіл підприємств за різними

ознаками, зокрема: основний вид економічної діяльності та розмір підприємства за кількістю працюючих; за ознаками: район та розмір підприємства за кількістю працюючих; за ознаками: кількість років функціонування на ринку та розмір підприємства за кількістю працюючих формує ґрунтовний фундамент для проведення наступних досліджень щодо ступеня та особливостей використання цифрових технологій на підприємствах. Що були проаналізовані за вказаними вище ознакам.

Дослідження показують, що сьогодні велика увага теоретиків і практиків спрямована на використання інструментів Індустрії 4.0 в діяльності підприємств. Адже це дозволяє підприємствам організовувати, аналізувати та вирішувати труднощі в режимі реального часу, одночасно оптимізуючи та збільшуючи здатність персоналу до навчання та адаптації для підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання. Використання інструментів Індустрії 4.0, як технологічної революції, покращує рентабельність капіталу, підвищує інноваційну активність, підвищує прозорість даних і позитивно впливає на конкурентоспроможність підприємств. Технології «Індустрії 4.0» дають підприємствам змогу трансформувати, отримувати, обмінюватися та інтерпретувати інформацію з виробничих компонентів і відповідних автоматизованих систем. Таким чином, завдяки створенню високоякісної продукції за зниженими витратами та ефективному використанню невідновлюваних ресурсів «Індустрія 4.0» дозволяє організаціям досягти цілей сталого розвитку [101].

Проведені вище дослідження розвитку SMART промисловості в Україні вказують на необхідність здійснення діагностик підприємств Львівщини щодо використання інструментів Індустрії 4.0. Адже, в умовах війни Львівська область – серед регіонів, які забезпечують економічну стійкість, відновлення та модернізацію економіки України. Інструментами реалізації цих процесів є цифровізація економіки та розвиток Індустрії 4.0. Для цього необхідно провести

опитування, щоб з'ясувати стан і готовність бізнесу Львівщини до розвитку цифровізації бізнес-процесів, а також використання інструментів Індустрії 4.0.

Для опитування у даному дослідженні розроблено анкету (*Додаток А*).

Результати такого опитування допоможуть зробити висновки щодо питомої ваги підприємств, які використовують інструменти Індустрії 4.0. у загальній структурі та сформувані регіональне бачення напрямів підтримки бізнесу Львівщини у забезпеченні його конкурентоспроможності, відобразити його у стратегії розвитку області, цільових регіональних програмах її реалізації.

Результати проведеного анкетування дали можливість провести ґрунтовну діагностику досліджуваних підприємств із врахування комбінації різних ознак (табл. 2.10.-2.27).

Таблиця 2.10

Комбінаційна таблиця: Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність? * Розмір підприємства за кількістю працюючих

Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Ні	5	28	27	2	62
Швидше ні	10	24	25	8	67
Важко відповісти	17	36	20	9	82
Швидше так	8	28	17	5	58
Так	4	9	13	7	33
Всього	44	125	102	31	302

Аналізуючи результати проведеного опитування, ми сформували комбінаційну таблицю (табл. 2.10), яка дозволяє дослідити вплив двох ознак, зокрема: активність впровадження підприємствами цифрових технологій та розмір підприємства за кількістю працюючих. Отримані результати показали, що 62 підприємства (20,52%) аналізованої вибірки активно не впроваджує цифрові технології у свою діяльність. Так відповіли найбільше малі та середні підприємства – 28 та 27 відповідно. Найменше – 2 (3,2%) такої позиції притримуються великі підприємства. Позицію «важко відповісти» підтримали 82

або 27,15% респондентів. Серед них: мікропідприємств – 17; малих – 36 – найбільше із вибірки; середніх – 20 та великих – 9 – найменше.

Відповідь «Швидше так» і «Так» дали 30,13% опитаних. Зокрема, «Швидше так» відповіли 58 респондентів, що становить 19,21%. Серед них найбільше такої позиції притримуються малі підприємства – 28 (48,27%), а найменше – великі – 5 (8,6%). Ствердно підтримали позицію щодо активності впровадження цифрових технологій у свою діяльність 10,93% опитаних. Із тих, хто відповів «Так», лівова частка припадає на середні підприємства – 13 або 39,39%. Найменше таку позицію підтримали серед мікропідприємств – 4 або 12,12%.

Для більш детальнішого аналізу наведено рис. 2.5, де представлено

Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?

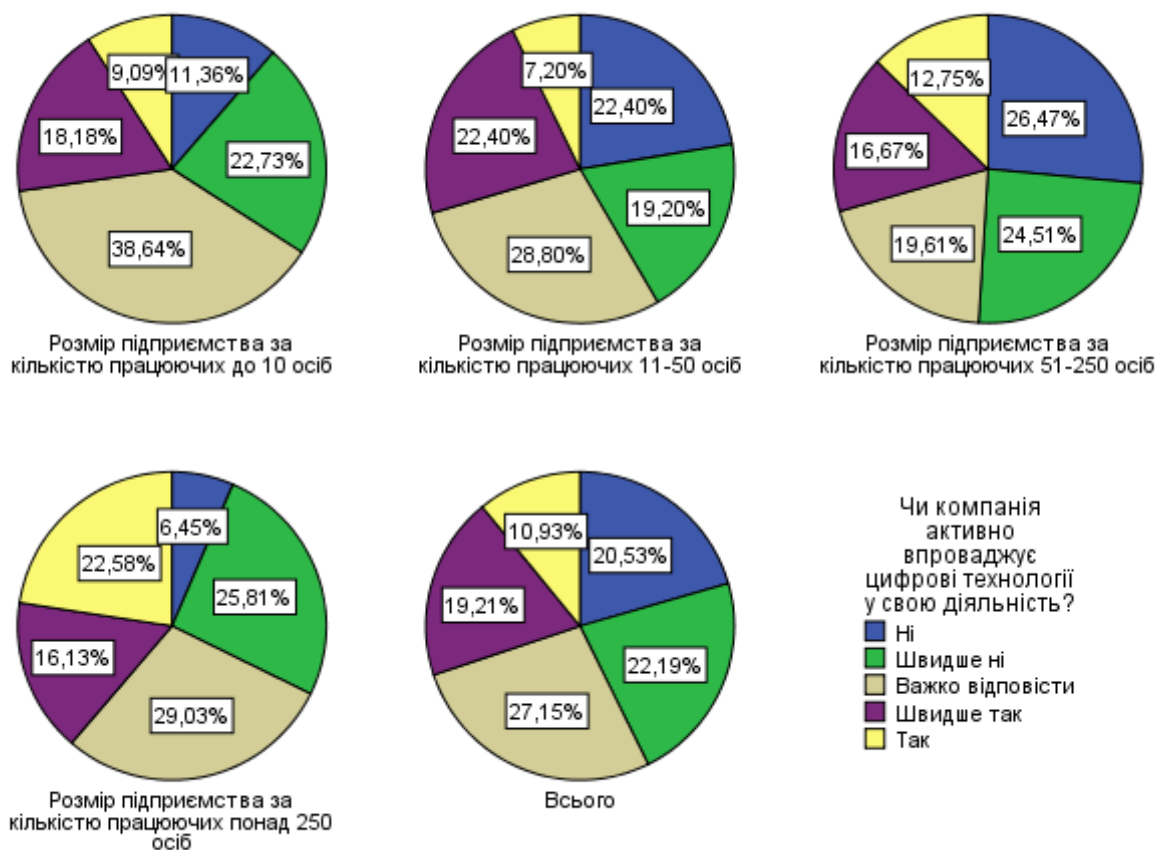


Рис. 2.5. Структура п'яти варіантів відповідей респондентів на питання «Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих

структуру п'яти варіантів відповідей на питання «Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих.

Отож, наведені на рис. 2.5 результати відповідей показали, що серед мікропідприємств найбільше – 38,64% підтримало позицію «Важко відповісти», а найменше – 9% – «Так».

Серед малих підприємств найбільше притримується позиції «важко відповісти» 28,80% підприємств. Проте «швидше так» відповіло 22,40% підприємств. Ствердно «так» зазначили 7,20% респондентів аналізованих підприємств. Аналізуючи середні підприємства, найбільший відсоток притримується позиції «швидше ні» – 24,51%. 26% відповіло «ні». Найменше серед аналізованих підприємств – 12,75% відповіло «ні». Аналізуючи відповіді респондентів великих підприємств варто відзначити, що 22,58% відповіло «так». 29,03% відповіло «важко відповісти». Лише 6,45% відповіло ствердно «ні». Такі результати демонструють, що власне активно впроваджують цифрові технології у свою діяльність найбільше великі підприємства, де кількість працюючих становить понад 250 осіб.

Досліджуючи питання, чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників (табл. 2.11), спостерігаються різні відповіді, в залежності від розміру підприємства за кількістю працюючих. Зокрема: чітко «ні» відповіло

Таблиця 2.11

Комбінаційна таблиця: Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників? * Розмір підприємства за кількістю працюючих

Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Ні	13	45	49	12	119
Швидше ні	12	40	27	7	86
Важко відповісти	15	20	10	4	49
Швидше так	2	12	6	3	23
Так	2	8	10	5	25
Всього	44	125	102	31	302

119 респондентів, що становить 39,40% серед усіх аналізованих підприємств. Такої позиції найбільше притримуються у мікро- та середніх підприємствах, де кількість відповідей становила 45 та 49, відповідно.

Відповідь «швидше ні» зазначили 86 респондентів (28,47%). Серед них найбільше такої позиції притримуються у малих підприємствах – 40, що становить 46,51%. Найменше такої позиції притримуються у великих підприємствах – 7 або 8,14%. Відповідь «важко відповісти» зазначили 49 респондентів (16,22%), з них мікро – 15; малих – 20; середніх – 10; великих – 4.

Позицію «швидше так» зазначили 23 респонденти (7,61%). Такої думки притримуються найбільше серед малих підприємств – 12, а найменше – мікро – 2 та великі – 3. Ствердно «так» зазначили 25 (8,27%) із опитаних. З них найбільше спостерігається серед середніх підприємств – 10, що становить 40%. Найменше – серед мікропідприємств, що становить 4,55%.

Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?

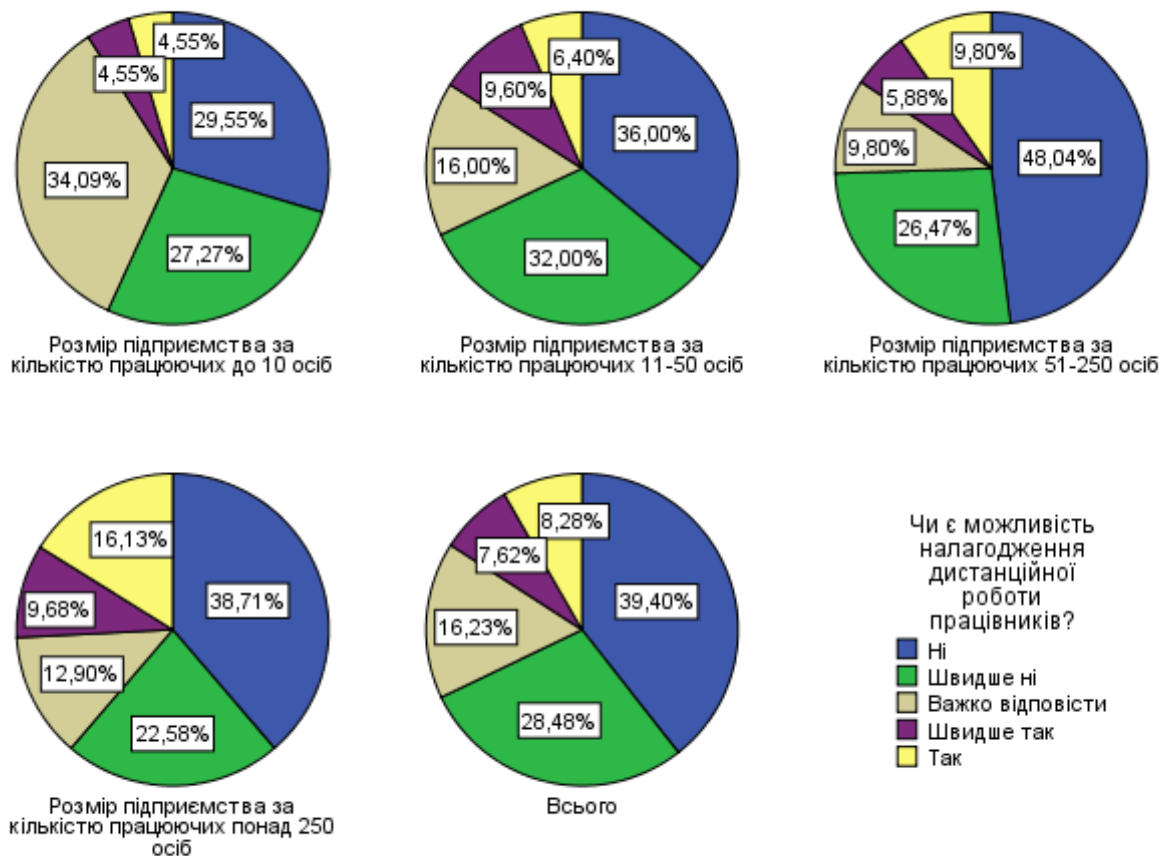


Рис. 2.6. Структура п'яти варіантів відповідей респондентів на питання «Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих

За даними рис. 2.6 видно, що можливість налагодження дистанційної роботи працівників значно відрізняється в залежності від розміру підприємства за кількістю працюючих. Наприклад, варіант «ні» підтримало 39,4% опитаних серед досліджених 302 підприємств. Проте, цю позицію підтримало 29,55% представників мікропідприємств 36,00% – представників малих підприємств; 48,04% і це найвищий показник – представників середніх підприємств та 38,71% – представників великих підприємств.

Спостерігається чітка залежність щодо можливості налагодження дистанційної роботи працівників від розміру підприємства. Адже «Так» відповіли 4,55% респондентів мікропідприємств; 6,40% – представників малих підприємств; 9,80% – середніх підприємств та 16,13% – респондентів великих підприємств.

Аналізуючи відповіді респондентів на питання, чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система (табл. 2.12), спостерігається наступні відповіді: «ні» обрало 77 респондентів.

Таблиця 2.12

Комбінаційна таблиця: Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система? * Розмір підприємства за кількістю працюючих

Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Ні	9	32	33	3	77
Швидше ні	11	35	29	12	87
Важко відповісти	20	38	20	8	86
Швидше так	1	17	13	5	36
Так	3	3	7	3	16
Всього	44	125	102	31	302

З них 9 – із мікропідприємств; 32 – представників малих підприємств; 33 – представників середніх підприємств; та 3 – представників великих підприємств.

Проте варто звернути увагу на розподіл відповідей між респондентами підприємств тих, хто підтримав позицію «так». Найбільше таких відповідей спостерігається серед середніх за кількістю працюючих – 7, що становить 43,75%. Мікро малі та великі підприємства розподілилися однаково – по 3 тобто по 18,75%. Проте, найбільше серед усіх опитаних підтримали позицію «швидше ні» та «важко відповісти» – по 87 та 86 відповідно.

Аналізуючи відповіді респондентів, які представляли різні за кількістю працюючих підприємства (рис. 2.7), позицію «Так» та «Швидше так» підтримали

Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?

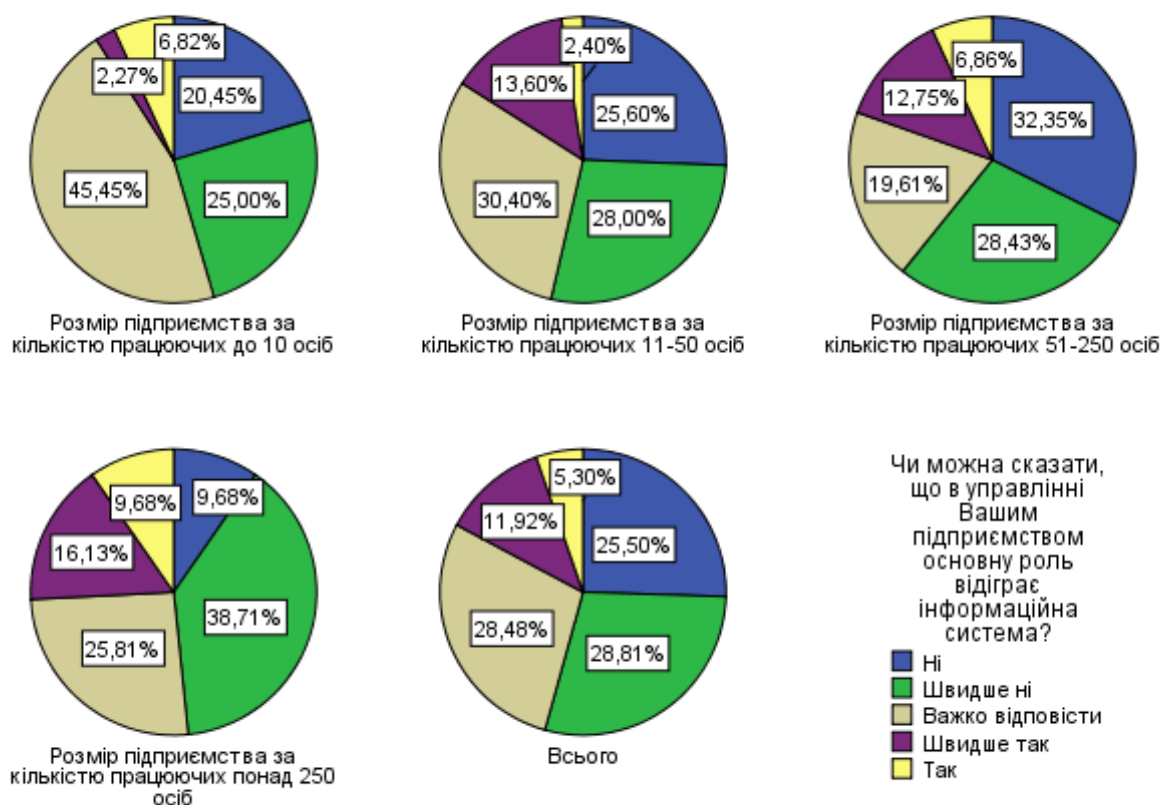


Рис. 2.7. Структура п'яти варіантів відповідей респондентів на запитання «Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих

9,09% серед мікро підприємств; 16% – представників малих підприємств; 19,61% – представників середніх підприємств та 25,81% – представників великих підприємств.

В сучасних ринкових умовах господарювання, які сформовані викликами пришвидшеного розвитку цифрових технологій, особливу увагу потрібно приділяти реінжинірингу бізнес-процесів – перебудові бізнес-процесів підприємства з метою скорочення часу бізнес-процесів, підвищення якості продукції, зменшення відсотка браку і т.п. Тому актуальним для кожного підприємства є питання, чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів. Відповіді респондентів розподілилися дуже по-різному, в залежності від розміру підприємства за кількістю працюючих. Результати наведено в табл. 2.13.

Таблиця 2.13

Комбінаційна таблиця: Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів? * Розмір підприємства за кількістю працюючих

Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Ні	9	43	39	14	105
Швидше ні	9	28	23	6	66
Важко відповісти	22	32	20	4	78
Швидше так	4	19	15	4	42
Так	-	3	5	3	11
Всього	44	125	102	31	302

Отож, проведені розрахунки показали, що лише 11 респондентів (3,64%) зазначити, що налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів. Із них 45,45% представники середніх підприємств і по 27,27% – представники малих та великих підприємств. Мікро підприємства не демонструють жодного «так».

На дане питання відповідь «ні», яка становить найбільшу частку (34,76%), обрали підприємства, залежно від кількості працюючих, наступним чином: мікро – 9 або 8,57%; малі – 43 або 40,95%; середні – 39 або 37,14% та великі – 14 або 13,33%.

Детальніше структура п'яти варіантів відповідей респондентів на питання «Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих представлена на рис. 2.8.

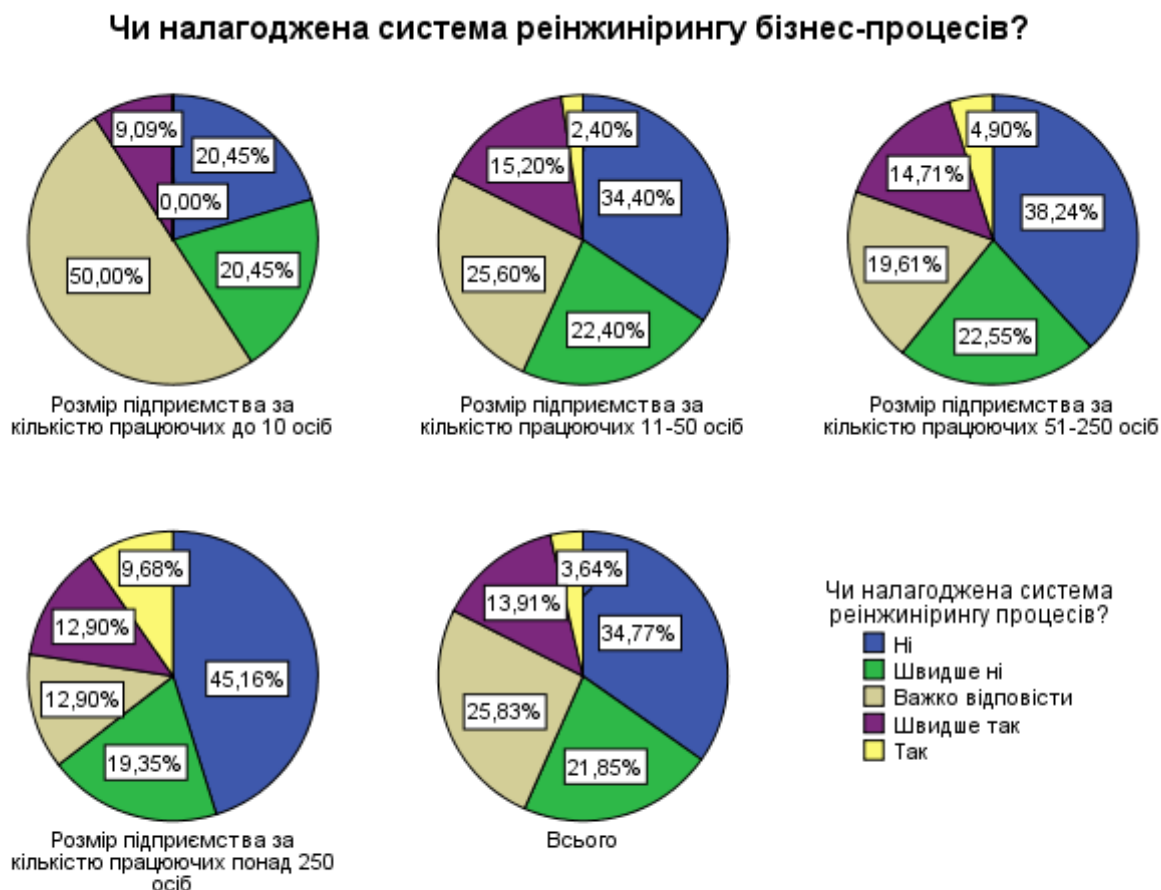


Рис. 2.8. Структура п'яти варіантів відповідей респондентів на питання «Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих

В табл. 2.14 представлено результати опитування респондентів підприємств вибірки щодо рівня автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства.

Проведені розрахунки, що наведено в табл. 2.14, вказують на те, що на запитання, чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим, 61,25% відповіли «Ні» та «Швидше ні». Найбільше таких спостерігається серед малих та середніх підприємств – 42,16% та 36,21% відповідно. Відповідь «Так» та «Швидше так» 13,24%. Такої позиції притримуються представники мікропідприємств – 12,5%; малих підприємств – 40%; середніх підприємств – 30%; великих – 17,5 %.

Таблиця 2.14

Комбінаційна таблиця: Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим? * Розмір підприємства за кількістю працюючих

Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Ні	9	44	42	8	103
Швидше ні	14	34	25	9	82
Важко відповісти	16	31	23	7	77
Швидше так	3	13	10	5	31
Так	2	3	2	2	9
Всього	44	125	102	31	302

Детальніше структура розподілу відповідей респондентів на запитання, чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим представлена в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих, на рис. 2.9.

Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?

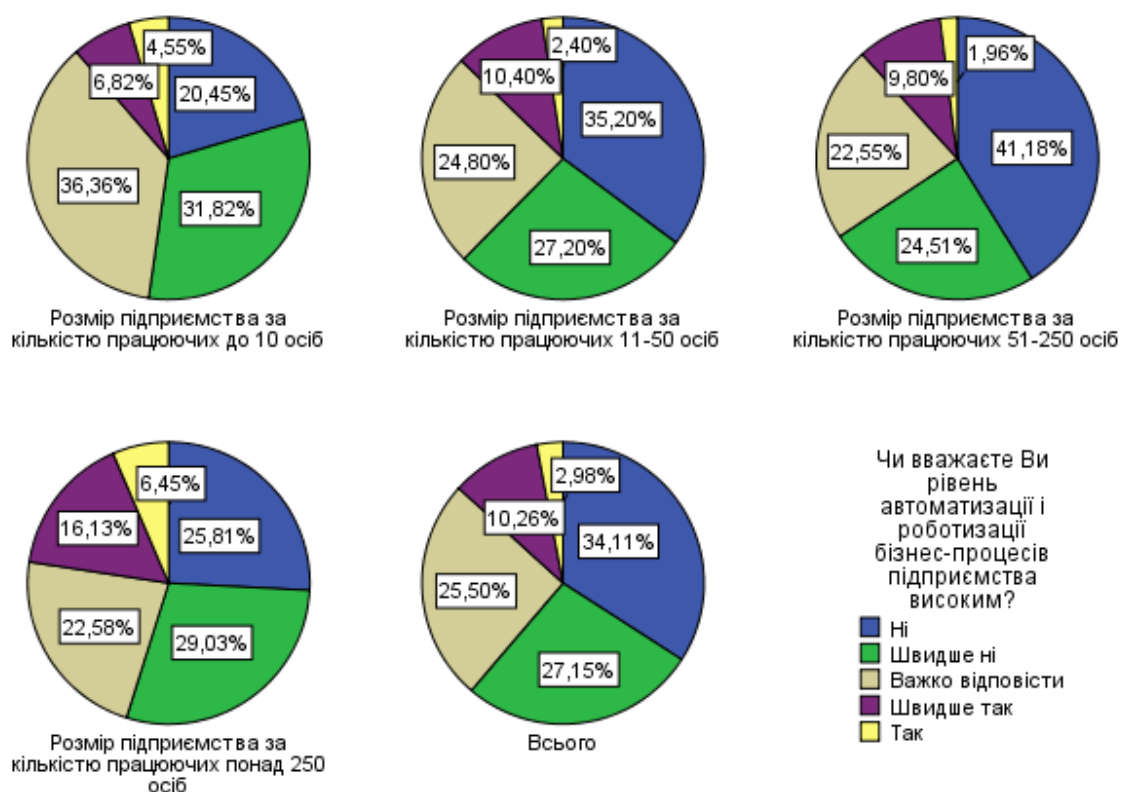


Рис. 2.9. Структура п'яти варіантів відповідей респондентів на питання «Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих

Отже, наведені на рис. 2.9 результати показали, що у мікропідприємств найбільший відсоток серед відповідей спостерігається «Важко відповісти» – 36,36%. Не вважають та швидше не вважають рівень автоматизації та роботизації бізнес-процесів високим – 52,27% респондентів, а навпаки, вважають та швидше вважають – 11,37%.

Найбільше серед усіх за розміром підприємств в залежності від кількості працюючих на поставлене питання дали відповідь «Ні» респонденти середніх підприємств – 41,18%, а відповідь «Так» дали представники великих підприємств – 6,45%. Найменше «Так» спостерігається серед середніх підприємств – 1,96%, а найменше «Ні» серед мікро підприємств – 20,45%.

Загалом тенденції показують дедалі активніше використання інформаційних технологій абсолютно у всіх процесах, це теж стосується і виробничих процесів на підприємстві, тому важливим є дослідити, чи здійснюється постійне розширення меж застосування інформаційних технологій у виробничому процесі підприємств. Результати аналізу подано в табл. 2.15 і на рис. 2.10.

Таблиця 2.15

Комбінаційна таблиця: Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі? * Розмір підприємства за кількістю працюючих

Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?	Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
	до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Ні	11	39	38	6	94
Швидше ні	4	19	19	5	47
Важко відповісти	20	43	17	10	90
Швидше так	7	20	20	5	52
Так	2	4	8	5	19
Всього	44	125	102	31	302

Отже, результати, що представлені в табл. 2.15 показують, що серед опитаних найбільше респондентів – 94 (31,12%) дали відповідь «Ні» та 90

(29,80%) дали відповідь «Важко відповісти». Найчастіше «Ні» спостерігається у малих – 39 (41,48%) та у середніх – 38 (40,42%). Серед респондентів, які обрали варіант відповіді «Важко відповісти», найбільше зустрічається представників із малих підприємств – 43 (47,77%), а найменше – серед представників великих підприємств – 10, що становить 11,11%. Лише 19 (6,29%) відповіли ствердно «Так», що здійснюється розширене використання інформаційних технологій у виробничому процесі їхніх підприємств. Серед таких найбільше спостерігається у середніх за кількістю працюючих підприємств – 8 (42,10%), а найменше – у мікропідприємств – 2 (10,52%).



Рис. 2.10. Структура п'яти варіантів відповідей респондентів на питання «Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?» в розрізі розміру підприємства за кількістю працюючих

Аналізуючи структуру відповідей на дане питання у різних за розміром підприємств, спостерігається доволі різна ситуація. Наприклад, у мікро підприємств найвища питома вага відповідей – 45,45% в «Важко відповісти». Відповіді «Так» і «Швидше так» становлять 20,46%. Аналізуючи розширення меж застосування інформаційних технологій у виробничому процесі середніх підприємств, спостерігається така ситуація: найбільше відповідей «Важко відповісти» – 34,40%, ствердно «Ні» відповіли 31,20%, а «Так» і «Швидше так» відповіли 19,20%. Серед середніх підприємств найбільше відповідей спостерігається «Ні» – 37,25%, проте «Так» і «Швидше так» відповіли 27,45%. Великі підприємства демонструють найменший відсоток відповідей «Ні» – 19,35% і найбільший відсоток відповідей «Так» і «Швидше так» – 32,26%.

Використання інформаційних технологій є практично значущим у сучасному бізнесі, проте активність та ступінь їх застосування варіюється в залежності від виду економічної діяльності підприємства. Для ґрунтовніших висновків було проведено аналіз, результати якого представлено в табл. 2.16 і на рис. 2.11.

Таблиця 2.16

Комбінаційна таблиця: Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність? * Основний вид економічної діяльності

Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?	Основний вид економічної діяльності						Всього
	Будівництво	Оптова та роздрібна торгівля	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт та кур'єрська діяльність	Сфера послуг	
Ні	4	11	20	3	6	18	62
Швидше ні	4	10	33	2	4	14	67
Важко відповісти	9	16	26	8	4	19	82
Швидше так	5	6	27	7	3	10	58
Так	2	5	14	1	2	9	33
Всього	24	48	120	21	19	70	302

Результати проведеного аналізу показали, що активно впроваджують цифрові технології у свою діяльність (ті, які дали відповідь «Так» і «Швидше

так») 30,13% із опитаних. Зокрема, у будівництві – 29,16%; в оптовій та роздрібній торгівлі – 22,92%; у промисловості – 34,17%; у сільському, лісовому та рибному господарстві – 38,09%; у транспорті та кур'єрській діяльності – 26,32%; у сфері послуг – 27,15%.

Відповідь «Ні» та «Швидше ні» становить 42,71%. Найвищий показник таких відповідей спостерігається на підприємствах, які здійснюють транспортні та кур'єрську діяльність – 51,63%. Найменший показник демонструють підприємства, що працюють за видом економічної діяльності Сільське, лісове та рибне господарство – 23,81%. Приблизно однаково розподілилися відповіді представників оптової та роздрібної торгівлі – 43,75%; у промисловості – 44,17% та сфери послуг – 45,71%.

Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?

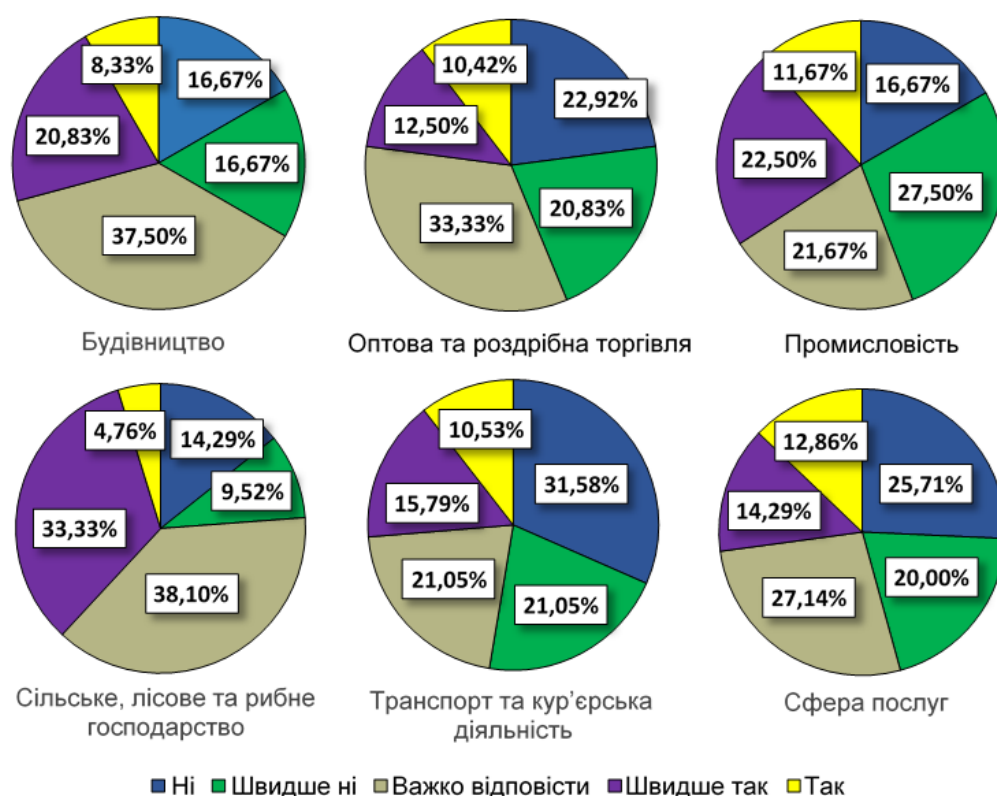


Рис. 2.11. Структура відповідей респондентів на питання «Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?», залежно від основного виду економічної діяльності

Виклики, які спостерігаються останніми роками – поширення коронавірусу COVID-19, а далі війна в Україні продемонстрували важливість налагодження дистанційної роботи. Проте не всі підприємства, враховуючи специфіку їх економічної діяльності можуть працювати дистанційно. Було проведено детальний аналіз відповідей на це запитання, результати якого подано в табл. 2.17 та на рис. 2.12.

Отож, досліджуючи відповіді респондентів на запитання, чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників, найбільше респондентів відповіли «Ні» – 39,40%; «Швидше ні» – 28,47 %; «Важко відповісти» – 16,22%; «Швидше так» – 7,6% та «Так» – 8,2%.

Таблиця 2.17

Комбінаційна таблиця: Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?* Основний вид економічної діяльності

Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?	Основний вид економічної діяльності						Всього
	Будівництво	Оптова та роздрібна торгівля	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт та кур'єрська діяльність	Сфера послуг	
Ні	6	20	49	7	10	27	119
Швидше ні	11	11	43	4	4	13	86
Важко відповісти	5	8	13	9	2	12	49
Швидше так	-	5	5	1	2	10	23
Так	2	4	10	-	1	8	25
Всього	24	48	120	21	19	70	302

Детальніше структуру відповідей респондентів на поставлене питання, залежно від основного виду економічної діяльності подано на рис. 2.12.

Отож, проведений аналіз показав різні відповіді респондентів, в залежності від економічної діяльності підприємства. Наприклад, у будівництві лівова частка відповідей «Швидше ні» – 45,83%. Найменше відповідей «Так» – 8,33%. В оптовій та роздрібній торгівлі, лівова частка становлять відпові «Ні» – 41,67%. Найменше відповідей «Так» – 8,33%. У промисловості спостерігається схожа ситуація – найбільша питома вага відповідей «Ні» – 40,83%, а найменша – «Так»

– 8,33%. У сільському лісовому та рибному господарстві відповіді розподілилися наступним чином: найвища питома вага – «Важко відповісти» – 42,86%, а найменша питома вага становить «Швидше так» – 4,76%; відповідь «Так» взагалі відсутня. У транспорті та кур'єрській діяльності відповідь «Ні» становить 52,63%, а відповідь «Так» – 5,26%. Дещо відрізняється ситуація щодо можливості налагодження дистанційної роботи працівників у сфері послуг, зокрема: «Ні» відповіли 38,57%, а «Так» – 11,43% – це найвищий показник серед усіх підприємств різних аналізованих видів економічної діяльності.

Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?

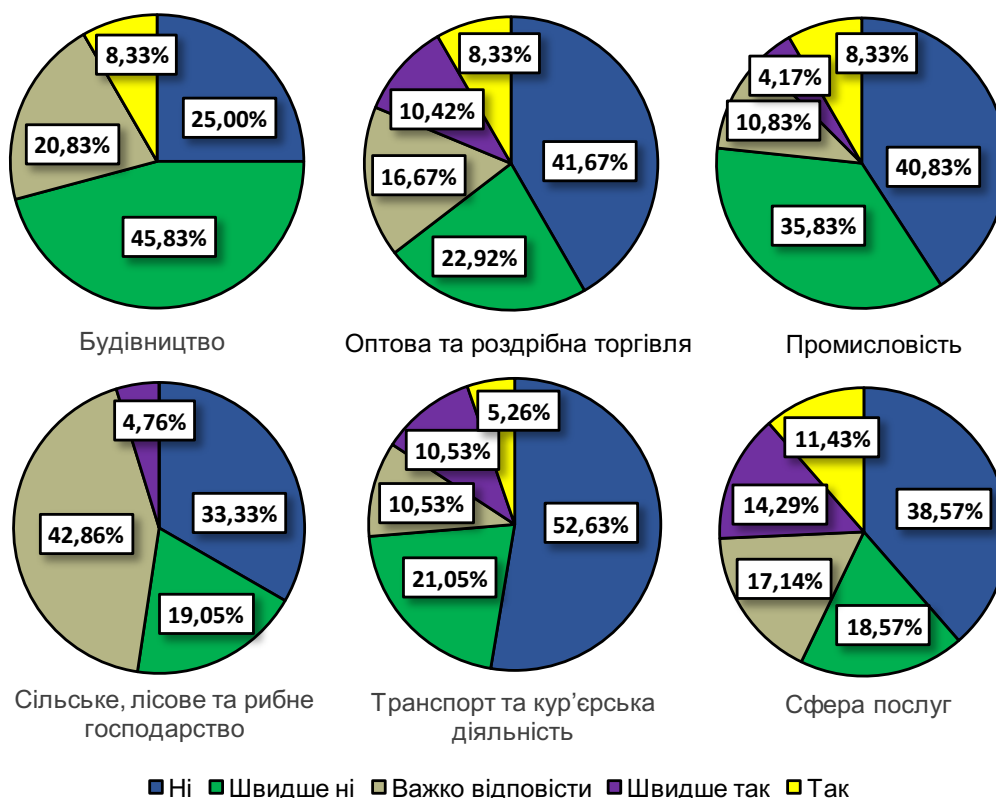


Рис. 2.12. Структура відповідей респондентів на питання «Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?», залежно від основного виду економічної діяльності

Сьогодні для ефективного управління підприємством необхідно особливу увагу приділяти інформаційній системі. Використання інструментів Індустрії

4.0, підвищення ступеня діджиталізації підприємств змінює саму модель ведення бізнесу, в якій інформаційні системи відіграють ключову роль.

Отож, результати проведеного аналізу опитаних респондентів щодо важливості ролі інформаційної системи у їх підприємстві подано в табл. 2.18 та на рис. 2.13.

Результати, які представлені в табл. 2.18 демонструють, що 54,30% респондентів дали відповідь «Ні» та «Швидше ні» на питання, чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система. Лише 17,21% відповіли «Так» і «Швидше Так», а 28,47% опитаних обрали варіант «Важко відповісти».

Таблиця 2.18

Комбінаційна таблиця: Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?* Основний вид економічної діяльності

Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?	Основний вид економічної діяльності						Всього
	Будівництво	Оптова та роздрібна торгівля	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт та кур'єрська діяльність	Сфера послуг	
Ні	4	10	33	3	6	21	77
Швидше ні	6	14	38	7	7	15	87
Важко відповісти	8	18	27	10	3	20	86
Швидше так	5	5	15	1	3	7	36
Так	1	1	7	-	-	7	16
Всього	24	48	120	21	19	70	302

Детальніше структуру відповідей в розрізі основних видів економічної діяльності представлено на рис. 2.13. Отож, відповіді опитаних з підприємств, що працюють у сфері будівництва розділилися наступним чином: «Так» – 4,17%; «Швидше так» – 16,67%; «Важко відповісти» – 33,33%; «Швидше ні» – 25,00% та «Ні» – 16,67%. В оптові та роздрібній торгівлі 2,08% респондентів відповіли «Так», проте найбільша частка відповідей «Важко відповісти» – 37,50% та «Швидше ні» – 29,17%. На підприємствах промисловості відповідь «Так»

становить 5,83%, а «Ні» – 27,50%. Представники підприємств, що задіяні у сільському, лісовому та рибному господарстві найбільше із усіх видів діяльності відповіли «Важко відповісти» – 47,62%; жодної відповіді «Так» і 47,62% обрали «Ні» та «Швидше ні».

Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?

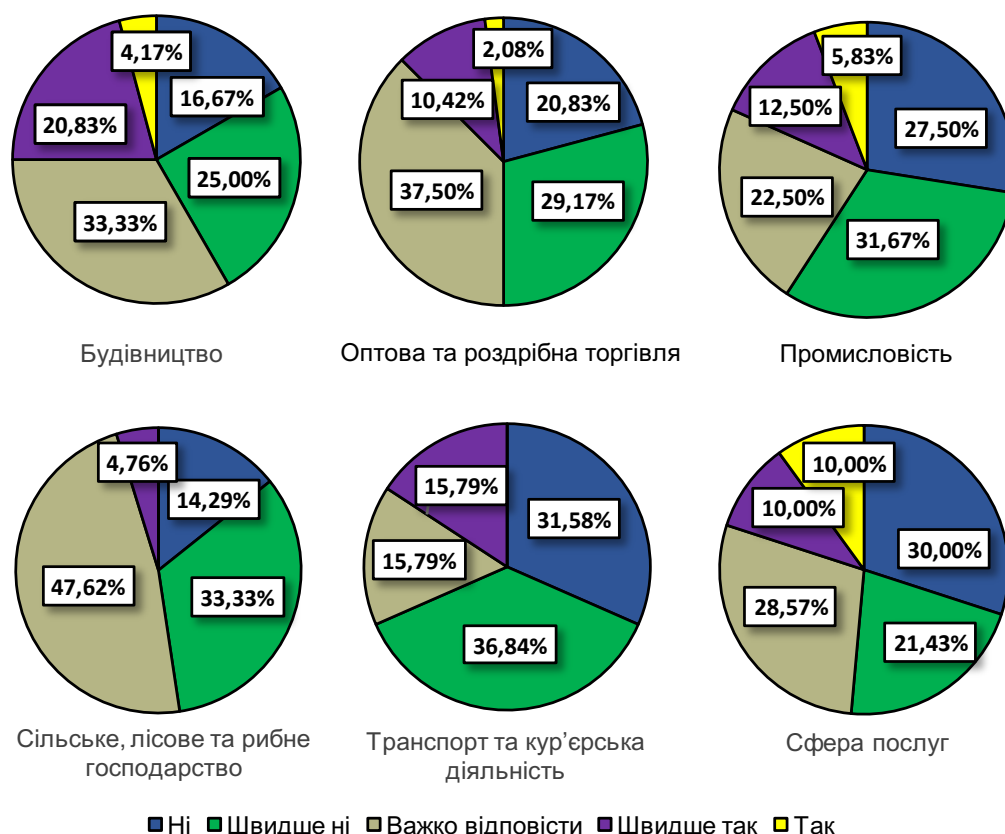


Рис. 2.13. Структура відповідей респондентів на питання «Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?», залежно від основного виду економічної діяльності

Важливо дослідити, які із видів економічної діяльності підприємства мають більше налагоджену систему реінжинірингу бізнес-процесів.

В табл. 2.19 та на рис. 2.14 наведено результати, які демонструють відповіді респондентів щодо рівня налагодженості системи реінжинірингу бізнес-процесів, залежно від основного виду економічної діяльності підприємств.

Аналізуючи відповіді респондентів на запитання, чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів, спостерігається доволі різні варіанти.

Таблиця 2.19

Комбінаційна таблиця: Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?* Основний вид економічної діяльності

Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?	Основний вид економічної діяльності						Всього
	Будівництво	Оптова та роздрібна торгівля	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт та кур'єрська діяльність	Сфера послуг	
Ні	6	19	29	4	10	37	105
Швидше ні	3	10	38	3	4	8	66
Важко відповісти	8	13	28	11	3	15	78
Швидше так	7	5	18	2	2	8	42
Так	-	1	7	1	-	2	11
Всього	24	48	120	21	19	70	302

Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?

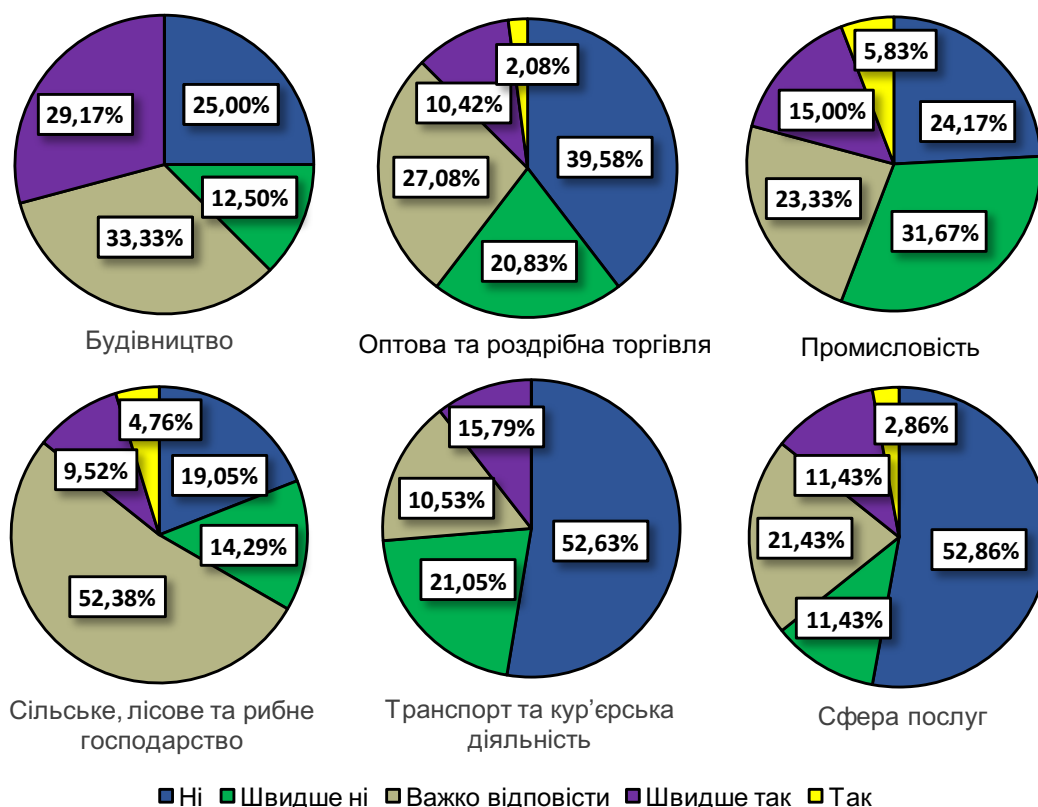


Рис. 2.14. Структура відповідей респондентів на питання «Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?», залежно від основного виду економічної діяльності

Отож, відповідь «Ні» дало 105 (34,76%) респондентів і це найвищий показник. Натомість «Так» обрали 11 респондентів (3,64%). Рис. 2.14 демонструє, що відповідь «Швидше так» найбільше відзначили респонденти, які представляють підприємства сфери будівництва – 29,17%. Проте у будівництві не спостерігається відповіді «Так». Найвищий показник варіанту відповіді «Важко відповісти» – 52,38% спостерігається у сільському лісовому та рибному господарстві. Крім того, 4,76% респондентів саме цієї сфери економічної діяльності відзначили варіант відповіді «Так». Найвищий показник відповіді «Так» спостерігається у респондентів, що презентували підприємства промисловості – 5,83% а також найвищий показник відповіді «Швидше ні» – 31,67%. Найвищий показник відповіді «Ні» спостерігається у представників сфери послуг – 52,86% та підприємств, що задіяні у транспорті та кур'єрській діяльності – 52,63%.

В табл. 2.20 та на рис. 2.15 представлені результати відповідей респондентів на запитання, чи вважають вони рівень автоматизації і роботизація бізнес-процесів підприємства високим. Адже саме автоматизація бізнес-процесів дозволяє спрощувати процеси, знижувати собівартість продукції, підвищувати її якість та як наслідок підвищувати конкурентоспроможність продукції на ринку.

Таблиця 2.20

Комбінаційна таблиця: Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?* Основний вид економічної діяльності

Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?	Основний вид економічної діяльності						Всього
	Будівництво	Оптова та роздрібна торгівля	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт та кур'єрська діяльність	Сфера послуг	
Ні	8	19	32	3	11	30	103
Швидше ні	8	10	42	6	2	14	82
Важко відповісти	8	12	31	10	3	13	77
Швидше так	-	6	11	2	1	11	31
Так	-	1	4	-	2	2	9
Всього	24	48	120	21	19	70	302

Отож, Серед опитаних 103 відповіли ні. 82 – швидше ні, 77 важко відповісти, 31 швидше так та 9 так проте дуже різняться відповіді представників різних видів економічної діяльності зокрема у респондентів, які представляють підприємства що задіяні у сфері будівництва усі відповіді порівно розподілилися Між варіантами важко відповісти швидше ні і ні – по 33,33%. Представники оптової та роздрібної торгівлі продемонстрували усі варіанти відповідей, зокрема 2,08% відповіли так, 12,50% – швидше так, 25,00% важко відповісти. А відповідь ні обрали 39,58% серед опитаних.

Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?

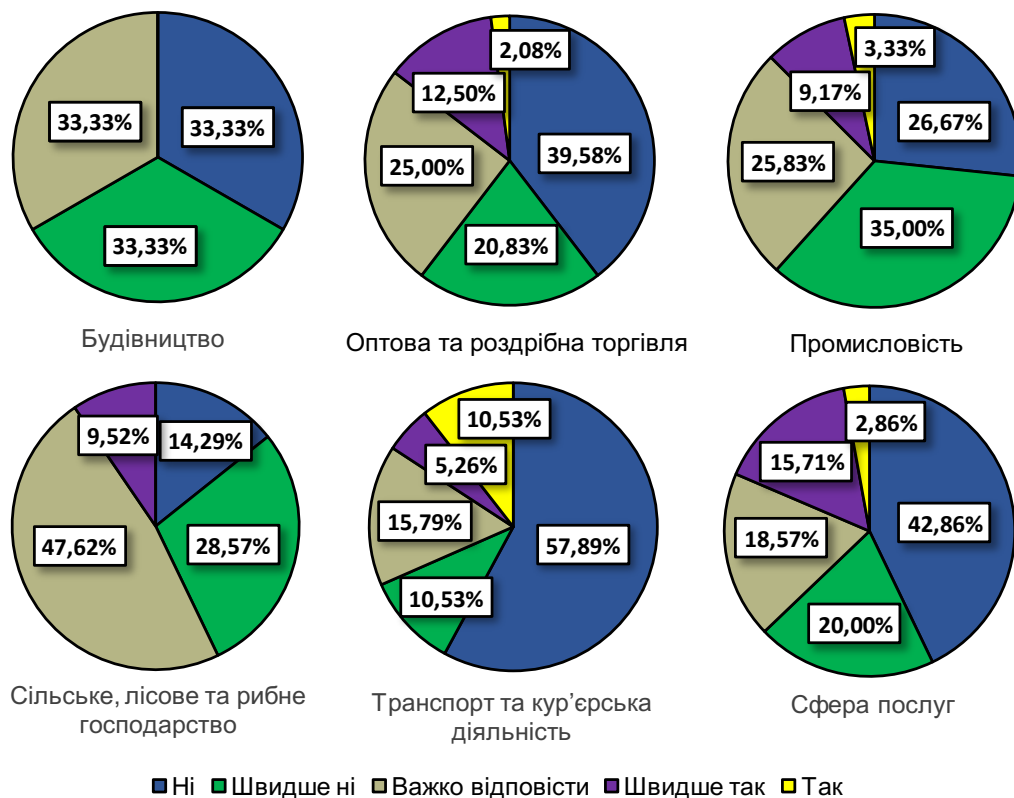


Рис. 2.15. Структура відповідей респондентів на питання «Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?», залежно від основного виду економічної діяльності

Що стосується представників промисловості, то відповідь швидше ні обрали 35,00%, а відповідь так – 3,33%. Щодо опитаних із підприємств

сільського, лісового та рибного господарства, то 47,62% відповіли важко відповісти, відповіді так не зустрічається взагалі, а відповідь швидше так обрали 9,52%. Найвищий показник відповіді ні – 57,89% спостерігається у відповідях респондентів що представляють транспорт та кур'єрську діяльність. Проте відповідь так становить також найвищий показник – 10,53%. У сфері послуг спостерігається така ситуація 2,86% відповіли так, 42,86% відповіли ні.

Розширення арсеналу інструментів Індустрії 4.0 дає можливість активнішого використання інформаційних технологій у діяльності суб'єктів господарювання. Результати проведеного аналізу щодо постійного розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі підприємстві в розрізі основних видів економічної діяльності представлено в табл. 2.21 та на рис. 2.16.

Таблиця 2.21

Комбінаційна таблиця: Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?*

Основний вид економічної діяльності

Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?	Основний вид економічної діяльності						Всього
	Будівництво	Оптова та роздрібна торгівля	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Транспорт та кур'єрська діяльність	Сфера послуг	
Ні	7	19	23	3	9	33	94
Швидше ні	1	5	32	1	3	5	47
Важко відповісти	8	15	33	12	6	16	90
Швидше так	7	7	22	5	-	11	52
Так	1	2	10	-	1	5	19
Всього	24	48	120	21	19	70	302

Результати, що представлені в табл. 2.21 демонструють, що 94 або 31,12% респондентів обрали відповідь «Ні», відповідь «Так» та «Швидше так» обрали 19 (6,29%) та 52 (17,21%) відповідно. З рис. 2.16, видно за якими основними видами економічної діяльності спостерігаються структурні зміни у варіантах відповідей. Отже, варіант відповіді «Так» найбільше зустрічається у представників промислових підприємств – 8,33% та підприємств сфери послуг – 7,14%. «Швидше так» відповіли 29,17% респондентів сфери будівництва та

23,81% із підприємств сільського, лісового та рибного господарства; відповідь «Ні» займає найбільшу частку серед усіх відповідей підприємств транспортної та кур'єрської діяльності – 47,37% і підприємств сфери послуг – 47,14%.

Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?

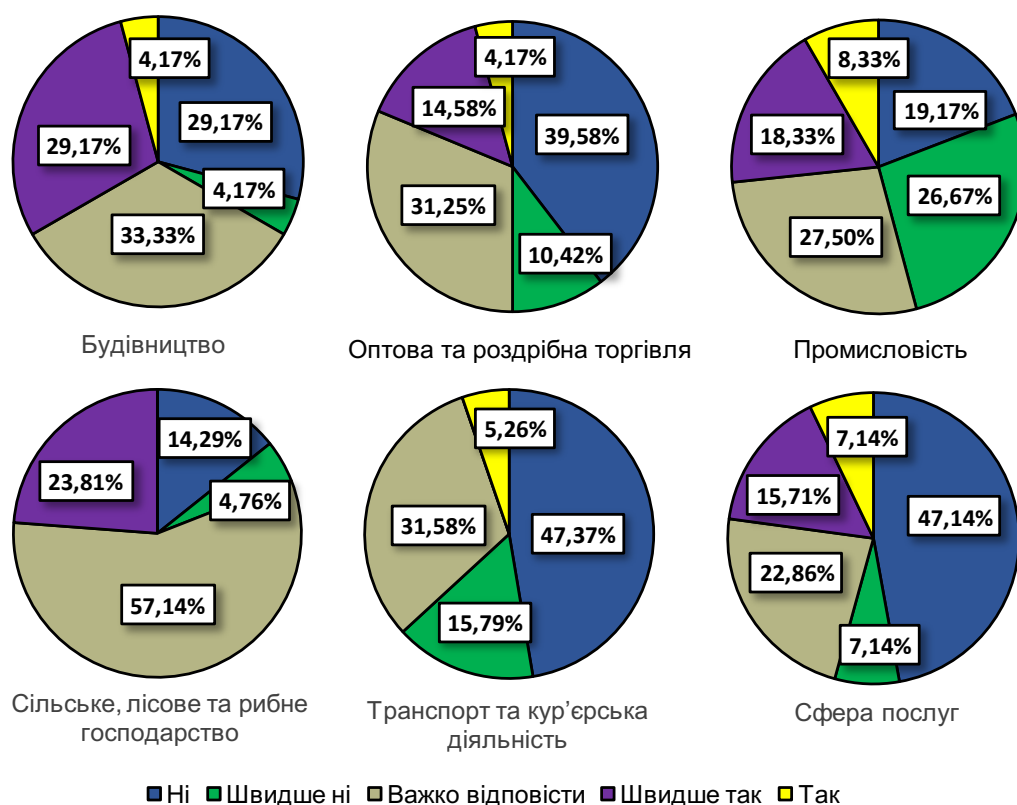


Рис. 2.16. Структура відповідей респондентів на питання «Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?», залежно від основного виду економічної діяльності

Для проведення аналізу щодо рівня цифровізації підприємств Львівщини та отримання об'єктивних результатів, важливо простежити зміни відповідей респондентів не лише із зміною розміру підприємства за кількістю працюючих, в розрізі основних видів економічної діяльності підприємств, але й в залежності від того, скільки років підприємство працює на ринку. Результати отриманих відповідей респондентів в розрізі основних питань, які дають змогу говорити про

використання інструментів Індустрії 4.0 та ступеня діджиталізації підприємств, наведено в табл. 2.22-2.27 та на рис. 2.17-2.22.

Отож, в табл. 2.22 представлено результати комбінаційної таблиці, яка розкриває питання, чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність в залежності від того, скільки років підприємство працює на ринку.

Таблиця 2.22

Комбінаційна таблиця: Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність? * Скільки років Ваше підприємство працює на ринку

Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?	Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?			Всього
	від 1 до 5 років	від 6 до 10 років	понад 10 років	
Ні	6	9	47	62
Швидше ні	14	10	43	67
Важко відповісти	17	7	58	82
Швидше так	3	9	46	58
Так	6	3	24	33
Всього	46	38	218	302

Отримані результати демонструють, що загалом ствердно відповіли «Так» – 33 респонденти (10,92%); «Ні» – 62 респонденти (20,52%). Детальніше зміни структури відповідей представлено на рис. 2.17. Отож найвищий показник серед тих, хто активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність спостерігається у підприємств, які функціонують на ринку від 1 до 5 років – 13,04%, а найменший – 7,89% у підприємств із терміном функціонування від 6 до 10 років. Найвищий відсоток відповіді «Ні» спостерігається у підприємств, які функціонують від 6 до 10 років – 23,68% та у підприємств із стажем понад 10 років – 21,56%. Проте відповідь «Швидше так» найбільше спостерігається у підприємств, які працюють від 6 до 10 років – 23,68% та у тих, які функціонують на ринку понад 10 років – 21,10%. Варіант «Важко відповісти» обрали 36,96% респондентів із підприємств, які працюють на ринку від 1 до 5 років. Також майже кожен третій респондент із цієї категорії підприємств (30,43%) зазначив, що швидше не впроваджує активно цифрові технології у свою діяльність.

Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?

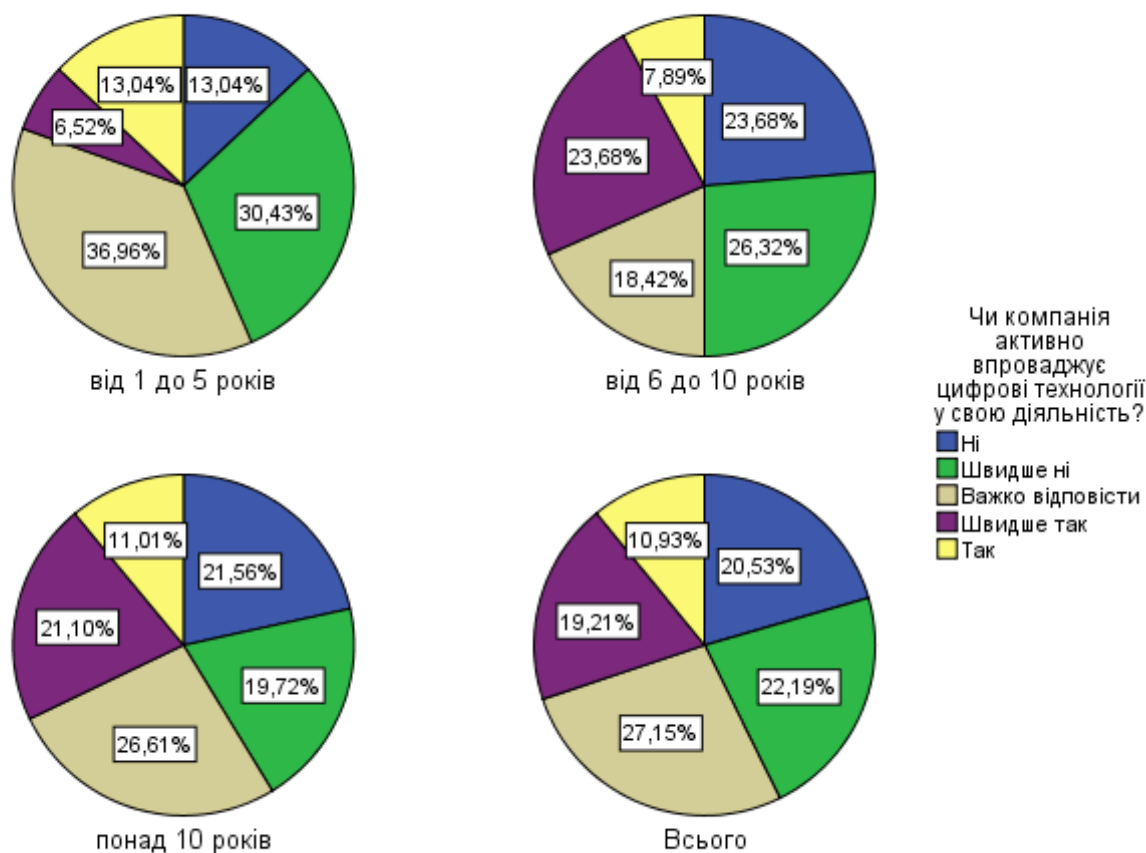


Рис. 2.17. Структура відповідей респондентів на питання «Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?», залежно від того скільки років підприємство функціонує на ринку

Важливо також поспостерігати, чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників і як ця можливість змінюється із зміною тривалості функціонування підприємства на ринку. Зведені результати комбінаційного розподілу за цими двома ознаками представлено в табл. 2.23 та на рис. 2.18.

Результати проведеного аналізу показали, що загалом 48 респондентів (15,89%) відповіли «Так» і «Швидше так». Відповідь «Ні» та «Швидше ні» обрали 205 респондентів (67,88%). Це означає, що лише одне із трьох підприємств може працювати дистанційно, а 2 – ні. Це негативна тенденція, оскільки саме можливість працювати віддалено втримала «на плаву»

підприємства під час пандемії COVID-19. Окрім того, налагодження дистанційної роботи суттєво знижує адміністративні витрати.

Таблиця 2.23

Комбінаційна таблиця: Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників? * Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?

Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?	Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?			Всього
	від 1 до 5 років	від 6 до 10 років	понад 10 років	
Ні	14	22	83	119
Швидше ні	18	7	61	86
Важко відповісти	7	3	39	49
Швидше так	3	3	17	23
Так	4	3	18	25
Всього	46	38	218	302

Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?

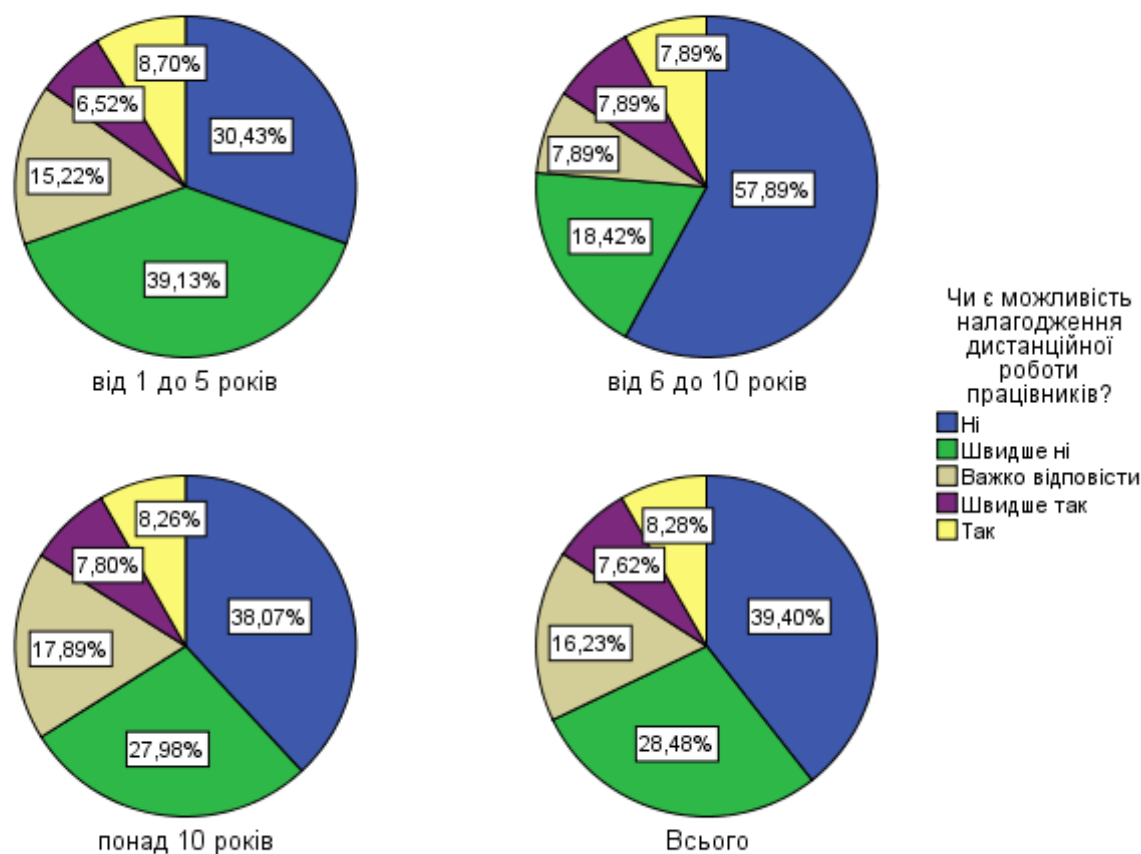


Рис. 2.18. Структура відповідей респондентів на питання «Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?», залежно від того скільки років підприємство функціонує на ринку

Із рис. 2.18 видно, що структура відповідей «Так» і «Швидше так» спостерігається практично однакова, не залежно від того, скільки підприємство працює на ринку. Зокрема, 15,22% – ті, що працюють від 1 до 5 років; 15,78% – від 6 до 10 років та 16,06% – ті, що мають досвід роботи на ринку понад 10 років. Проте найвищий показник «Ні» – 57,89% спостерігається у підприємств, які працюють від 6 до 10 років на ринку.

Важливо дослідити, яка увага приділяється інформаційній системі в управлінні підприємством і чи є закономірності відносно тривалості функціонування підприємства на ринку. Отримані результати представлено в табл. 2.24 та на рис. 2.19.

Таблиця 2.24

Комбінаційна таблиця: Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система? * Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?

Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?	Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?			Всього
	від 1 до 5 років	від 6 до 10 років	понад 10 років	
Ні	7	8	62	77
Швидше ні	17	16	54	87
Важко відповісти	17	6	63	86
Швидше так	3	6	27	36
Так	2	2	12	16
Всього	46	38	218	302

Отримані результати показали, що на запитання, чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система, відповідь «Ні» дали 77 респондентів (25,49%). Найвищий показник цієї відповіді спостерігається у підприємств, які на ринку функціонують понад 10 років, а найнижчий – у тих, що на ринку працюють від 1 до 5 років. Варіант відповіді «Швидше ні» обрали 87 респондентів, що становить 28,80%. Найвища частка серед відповідей – 36, 96% спостерігається у підприємств, які функціонують від 6 до 10 років, а найнижча – 24,77% – у тих, що працюють понад 10 років. Проте

відповідь «Так» і «Швидше так» найбільше дали респонденти підприємств, які функціонують від 6 до 10 років на ринку – 21,05%, а найменше – 17,89% – підприємства, які понад 10 років функціонують на ринку.

Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?

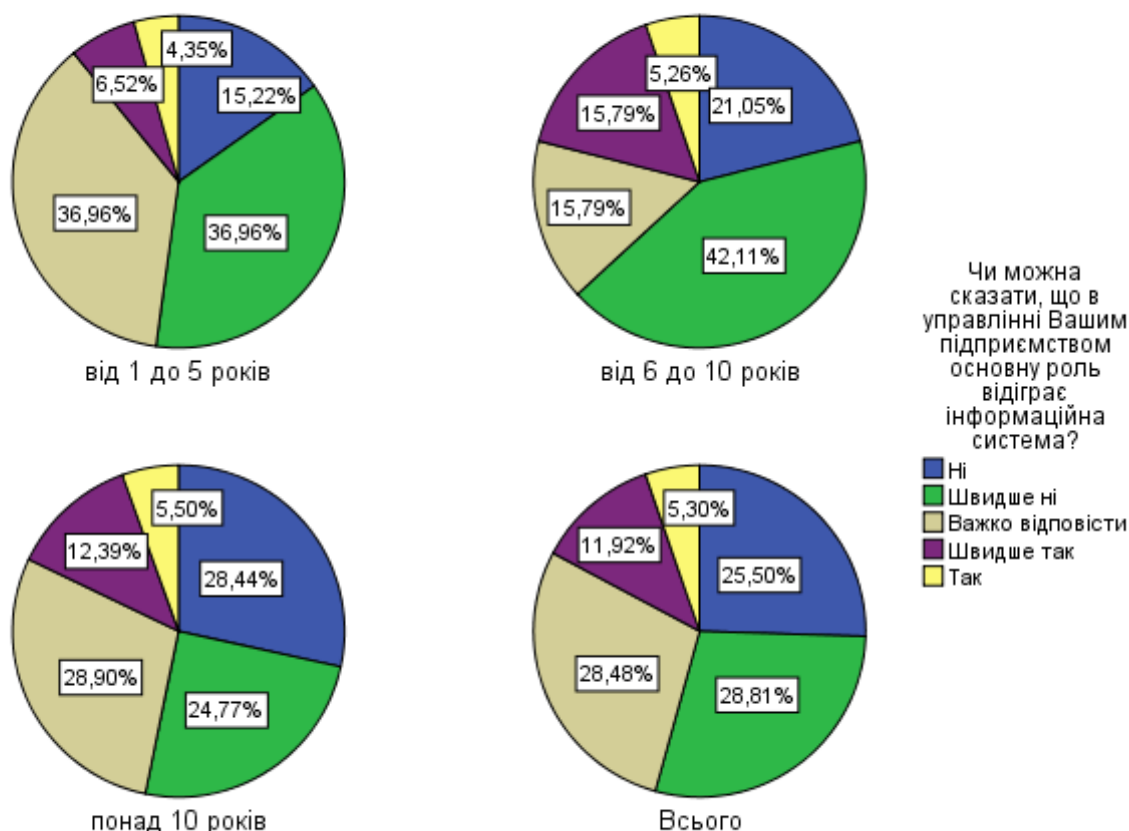


Рис. 2.19. Структура відповідей респондентів на питання «Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?», залежно від того скільки років підприємство функціонує на ринку

Для оптимізації бізнес-процесів усіх підприємств важливим є налагодження системи реінжинірингу, в результаті чого підприємство підвищує потенціал до отримання конкурентних переваг. Важливо дослідити в тому числі, які підприємства мають налагоджену систему реінжинірингу – ті, що менший час функціонують на ринку, чи навпаки. Результати опитування представлено в табл. 2.25 та на рис. 2.20.

Таблиця 2.25

Комбінаційна таблиця: Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів? * Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?

Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?	Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?			Всього
	від 1 до 5 років	від 6 до 10 років	понад 10 років	
Ні	21	18	66	105
Швидше ні	9	11	46	66
Важко відповісти	8	5	65	78
Швидше так	7	2	33	42
Так	1	2	8	11
Всього	46	38	218	302

Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?

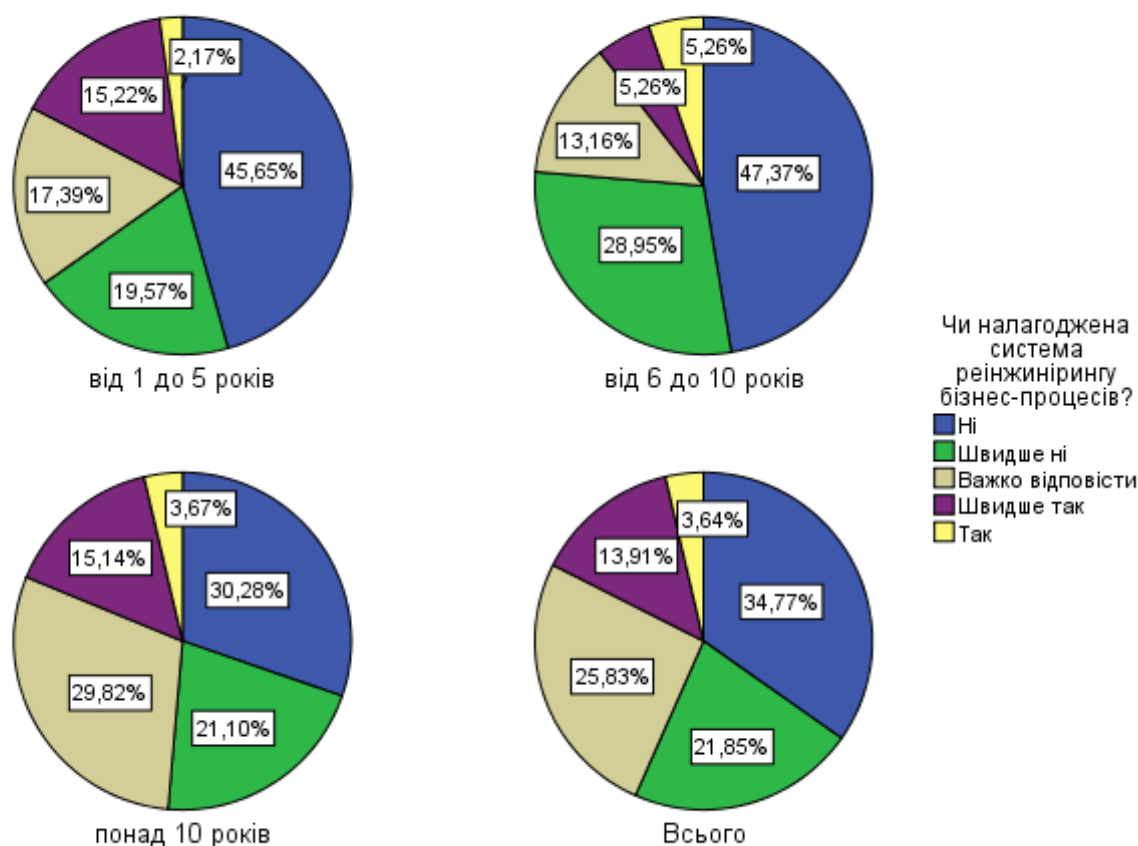


Рис. 2.20. Структура відповідей респондентів на питання «Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?», залежно від того скільки років підприємство функціонує на ринку

Отож, отримані результати комбінаційної таблиці показали, що 105 респондентів (34,76%) дали ствердну відповідь «Ні». Саме ця відповідь становить левову частку у структурі відповідей підприємств, які функціонують на ринку 1-5 років – 45,65% та 6-10 років – 47,37%. Ствердно «Так» відповіли лише 11 респондентів (3,64%). Найбільше цей варіант відповіді обрали представники підприємств, що працюють на ринку 6-10 років. Проте представники підприємств із цим стажем функціонування найменше відповіли «Швидше так» – 5,26%. Якщо аналізувати відповіді «Так» і «Швидше так», то найбільша частка спостерігається у підприємств, що на ринку функціонують понад 10 років – 18,81%.

Арсенал інструментів Індустрії 4.0 дає все більші можливостей для автоматизації та роботизації бізнес-процесів підприємств. Важливим моментом є дослідити серед яких підприємств (за ознакою тривалості функціонування на ринку) автоматизація і роботизація бізнес-процесів є найбільш поширеним явищем. Отримані результати опрацьовано і представлено у комбінаційній табл. 2.26 та на рис. 2.21.

Таблиця 2.26

Комбінаційна таблиця: Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим? * Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?

Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?	Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?			Всього
	від 1 до 5 років	від 6 до 10 років	понад 10 років	
Ні	12	17	74	103
Швидше ні	17	6	59	82
Важко відповісти	9	11	57	77
Швидше так	7	2	22	31
Так	1	2	6	9
Всього	46	38	218	302

Опрацьовані результати показали, що найвищий показник відповіді «Так» та відповіді «Ні» спостерігається у підприємств, які працюють 6-10 років на ринку – 5,26% та 47,37% відповідно.

Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?

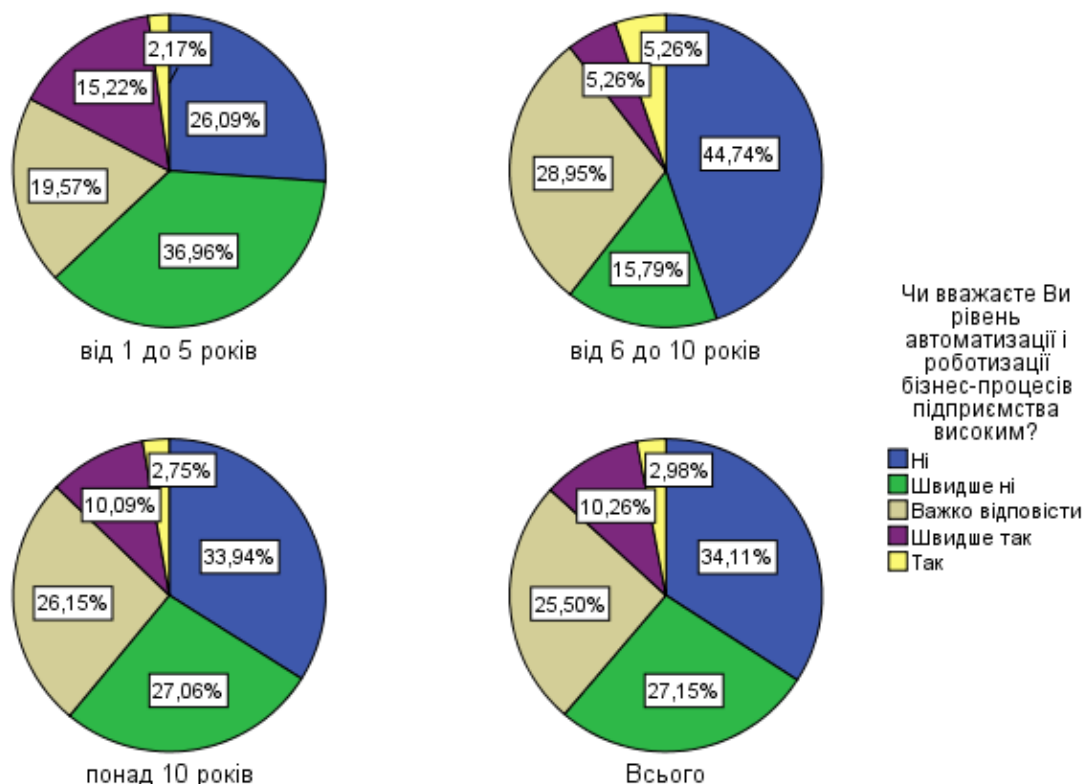


Рис. 2.21. Структура відповідей респондентів на питання «Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?», залежно від того скільки років підприємство функціонує на ринку.

Важливо розглянути згруповані відповіді «Так» і «Швидше так» і «Ні» та «Швидше ні». Отож, вважають та швидше вважають рівень автоматизації та роботизації бізнес-процесів високим представники підприємств, що працюють 1-5 років – 17,39%; 6-10 років – 10,52% та понад 10 років – 12,84%. Натомість не вважають та швидше не вважають 63,05% респондентів, що представляють підприємства із терміном функціонування на ринку 1-5 років; 60,53% – із терміном функціонування на ринку 6-10 років та 61,00% – із терміном функціонування на ринку понад 10 років.

В табл. 2.27 та на рис. 2.22 представлено результати відповіді на питання щодо здійснення постійного розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі в розрізі терміну функціонування підприємства на ринку.

Таблиця 2.27

Комбінаційна таблиця: Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі? * Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?

Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?	Скільки років Ваше підприємство працює на ринку?			Всього
	від 1 до 5 років	від 6 до 10 років	понад 10 років	
Ні	13	15	66	94
Швидше ні	9	8	30	47
Важко відповісти	14	9	67	90
Швидше так	7	5	40	52
Так	3	1	15	19
Всього	46	38	218	302

Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?

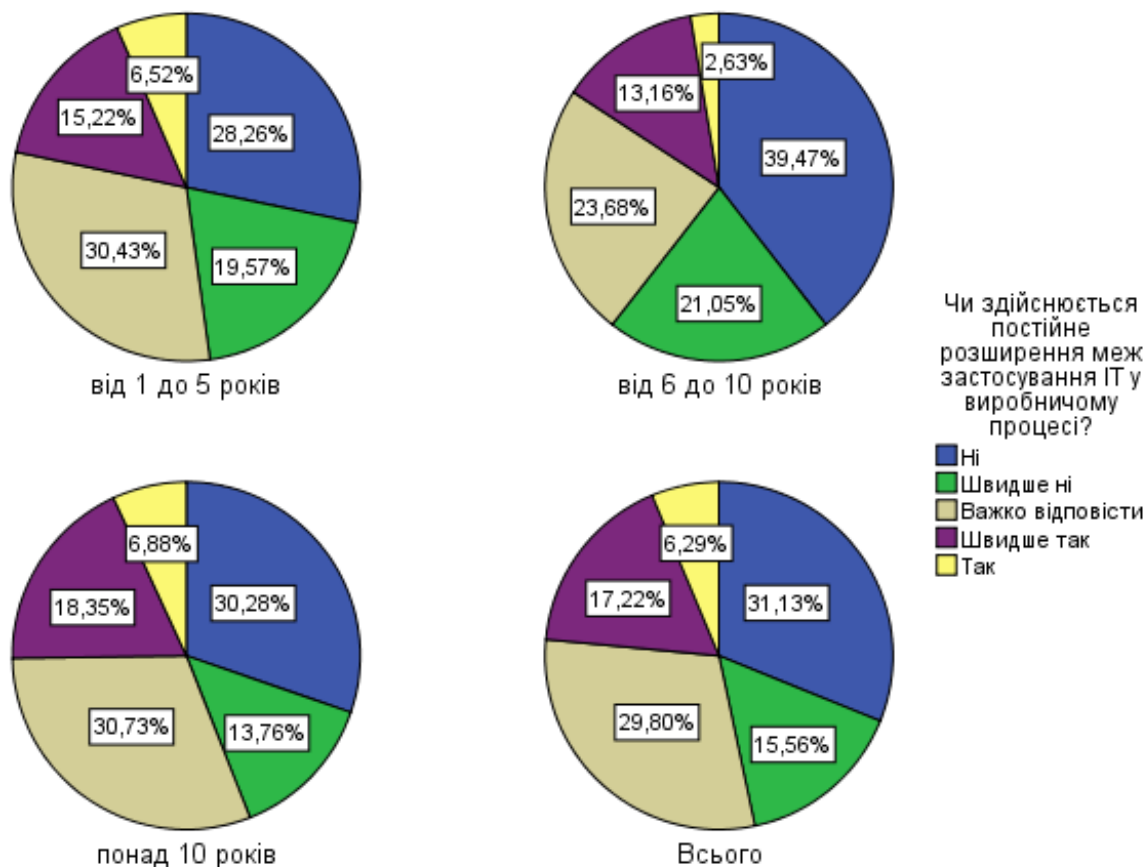


Рис. 2.22. Структура відповідей респондентів на питання «Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?», залежно від того скільки років підприємство функціонує на ринку

Отож, отримані результати показали, що 94 респонденти (31,12%) відповіли «Ні». Найпоширеніший цей варіант відповіді серед представників підприємств, що працюють 6-10 років на ринку. Проте, саме ці підприємства демонструють найвищий варіант відповіді «Так».

Загалом проведений аналіз показав, що активніше використовують інструменти Індустрії 4.0 великі підприємства.

2.3. Формування та обґрунтування шкал для класифікації підприємств на «цифрові», «розумні» та «віртуальні», в залежності від ступеня використання ними інструментів Індустрії 4.0.

Для розроблення пропозицій щодо удосконалення систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку Індустрії 4.0 необхідно визначити рівень застосування ІТ-технологій на конкретному підприємстві, тобто класифікувати до якої з груп «цифрове», «розумне» чи «віртуальне» воно відноситься. Цю класифікацію зручно здійснити скориставшись уже згадуваною вище анкетною (*Додаток А*), шляхом утворення з її запитань шкал або так званих конструктів, тобто застосувавши наукові елементи психологічних досліджень в економічній практиці.

Важливим кроком при побудові конструктів є вибір моделі, яка буде оптимальною в даному конкретному випадку. Дослідження фахової літератури дали можливість виокремити перелік моделей, які є схожими у їх функціоналі та можуть використовуватися в аналогічних контекстах. Ось кілька з них:

1. Модель Альфа Кронбаха (Alpha Cronbach). Це варіація моделі Кронбаха, яка використовується для оцінки надійності тесту або шкали, але не дозволяє оцінювати надійність кожного питання окремо.

2. Модель Гутмана (Guttman Scaling). Ця модель використовується для створення шкал, що базуються на послідовних крокових категоріях від

найменшого до найбільшого. Вона оцінює, наскільки певна відповідь на одне питання вказує на те, що респондент також має всі попередні властивості, описані в шкалі.

3. Модель Хауелла (Howell's Model). Ця модель також використовується для оцінки надійності тесту або шкали, особливо коли відповіді респондентів на кожне питання можуть бути у вигляді категорій.

4. Модель Макдональда (McDonald's Omega). Це ще один індекс внутрішньої послідовності, який використовується для оцінки надійності конструктів. Вона може бути особливо корисною, коли у вас є складна структура з багатьох підвимірів.

5. Модель Расмуссена-Тейні (Rasch Model). Ця модель використовується для оцінки знань або вмінь в тестах або опитуваннях. Вона враховує важливість кожного питання та рівень складності відповіді, щоб визначити загальний рівень знань.

Наведені вище моделі схожі, адже вони використовуються для оцінки надійності тестів, шкал або конструктів, а також для визначення внутрішньої послідовності питань або відповідей. Кожна з них має свої особливості та використовується в різних контекстах в залежності від цілей дослідження.

Із наведених вище моделей у даному дослідженні буде використовуватися модель Альфа Кронбаха – це метод оцінки надійності, який порівнює кількість спільної дисперсії, або коваріацію, між багатьма елементами, що утворюють шкалу або конструкт, з кількістю загальної дисперсії. Якщо шкала є надійною, коваріація між усіма елементами повинна бути дуже великою по відношенню до дисперсії. Основні її переваги, порівняно з іншими схожими моделями наведено в табл. 2.28.

Модель Альфа Кронбаха є показником внутрішньої послідовності, тобто міри того, наскільки однорідні питання в тесті оцінки або опитувальника взаємозв'язані між собою. Зазвичай ця модель використовується для оцінки

Таблиця 2.28

Характеристика основних переваг використання моделі Кронбаха

Перевага	Характеристика переваги
простота інтерпретації	Модель має досить просту формулу і легко інтерпретується. Результат виражається одним числом, що представляє ступінь внутрішньої узгодженості питань або відповідей. Це дозволяє швидко оцінити надійність тестів або шкал без складних обчислень
висока поширеність у дослідженнях	Модель є однією з найбільш поширених моделей для оцінки надійності тестів або шкал. Це означає, що вона широко використовується в наукових дослідженнях і практичних додатках, що дозволяє порівнювати результати із загальноприйнятими стандартами
гнучка у застосуванні	Модель може бути застосована до різних типів даних і шкал, включаючи бінарні, категоріальні та інтервальні дані. Це робить її універсальним інструментом для оцінки надійності різних видів вимірювань
нечутлива до кількості запитань або відповідей	Модель може бути застосована до тестів або шкал будь-якого розміру, від невеликих до дуже великих. Вона демонструє свою ефективність навіть у випадку невеликої кількості питань або відповідей
здатна до виявлення проблем	Модель може допомогти виявити проблеми з формулюванням питань або зі структурою шкали. Якщо внутрішня послідовність низька, це може вказувати на неоднорідність або нечіткість вимірювань, що потребує подальшого аналізу та виправлення

надійності тестів або шкал. У даному дослідженні доцільно використовувати модель Альфа Кронбаха для моделювання оцінювання та класифікації підприємств на «цифрові», «розумні» та «віртуальні» залежно від ступеня використання інструментів Індустрії 4.0. Використовуючи запропоновану модель для розподілу підприємств, будуть досягнуті переваги наведені на рис. 2.23.

Отже, розглянемо детальніше сутність наведених на рис. 2.23 переваг:

- *оцінювання ступеня цифровізації.* Застосування моделі Кронбаха може допомогти оцінити внутрішню послідовність та однорідність запитань, пов'язаних з впровадженням цифрових технологій на підприємстві. Це може включати оцінку ефективності використання програмного забезпечення для автоматизації процесів, рівня цифровізації виробничих ліній тощо.
- *класифікація підприємств за рівнем розумності.* Використання моделі Кронбаха може допомогти визначити, наскільки різні аспекти розумних технологій (наприклад, штучний інтелект, машинне навчання) взаємозв'язані

та внутрішньо консистентні у впровадженні на підприємстві. Це може допомогти класифікувати підприємства на ті, які мають високий рівень інтеграції та використання розумних технологій, і ті, які ще розвивають ці аспекти;

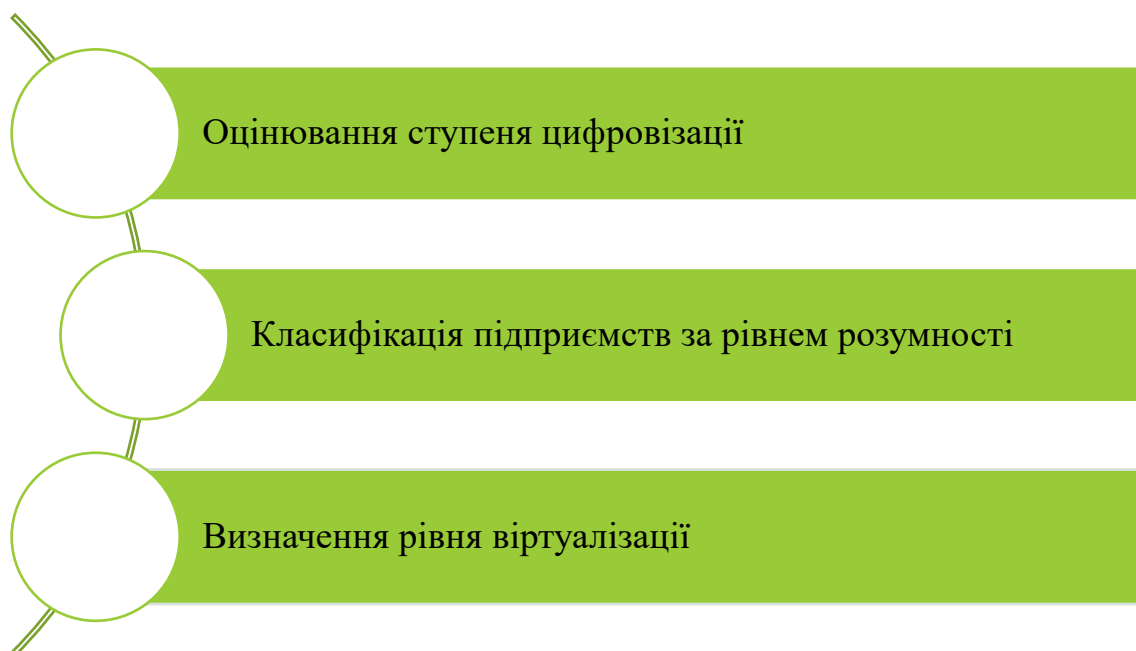


Рис. 2.23. Переваги використання моделі Альфа Кронбаха при класифікації підприємств за рівнем використання інструментів Індустрії 4.0 на «цифрові», «розумні» та «віртуальні»

- *визначення рівня віртуалізації.* Модель Кронбаха також може використовуватися для оцінки внутрішньої послідовності запитань, що стосуються віртуальної технології. Це може включати оцінку ефективності використання віртуальних середовищ для віддаленої роботи, віртуальних тренувань та інших аспектів віртуалізації у бізнесі.

Загалом, використання моделі Кронбаха для оцінки рівня цифровізації, розумності та віртуалізації підприємств може допомогти визначити їхні сильні та слабкі сторони у використанні інструментів Індустрії 4.0. Це дасть можливість більш об'єктивно оцінити їхні можливості та потреби в подальшому розвитку технологічного потенціалу.

Із запитань анкети (Додаток А) були сформовані наступні шкали:

Шкала 1: Рівень орієнтації на ІТ (IT orientation level – OL)

- OL1 Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?
- OL2 Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?
- OL3 Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?
- OL4 Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?
- OL5 Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?
- OL6 Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?

Шкала 2: Цифрове підприємство (Digital enterprise – DE)

- DE1 Чи у господарській діяльності компанія використовує САПР?
- DE2 Чи у господарській діяльності компанія використовує PDM?
- DE3 Чи у господарській діяльності компанія використовує PLM?
- DE4 Чи існують на підприємстві повністю автоматизовані виробничі лінії?

Шкала 3: Розумне підприємство (Smart enterprise – SE)

- SE1 Чи здійснюється на підприємстві синхронне планування виробничого процесу – APS?
- SE2 Чи застосовується у діяльності підприємства система MES?
- SE3 Чи використовується компанією промисловий інтернет речей ІоТ?

Шкала 4: Віртуальне підприємство (Virtual enterprise – VE)

- VE1 Чи використовується підприємством система ERP?
- VE2 Чи впроваджена у компанії система CRM?
- VE3 Чи запроваджена у компанії система SCM?

Шкала 5: Готовність керівництва та ІТ-інфраструктури (Readiness of Management and IT Infrastructure – RM)

- RM1 Чи використовує підприємство найсучасніші ІТ-рішення?
- RM2 Чи адаптований менеджмент підприємства до впровадження інструментів Індустрії 4.0?

RM3 Чи забезпечене підприємство інфраструктурою для переходу на рівень «розумного»?

RM4 Чи існує готовність менеджменту підприємства до реалізації інструментів Індустрії 4.0?

Для оцінки та підтвердження внутрішньої узгодженості кожної з утворених шкал розраховані значення коефіцієнта Кронбаха (α) за формулою:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right), \quad (2.1)$$

де k – кількість елементів (запитань) у шкалі; σ_i^2 – дисперсія балів для i -го елемента шкали; σ_x^2 – дисперсія суми балів за всіма елементах шкали.

Інтерпретація значень коефіцієнта Кронбаха:

- $\alpha \geq 0,9$ – висока внутрішня узгодженість;
- $0,8 \leq \alpha < 0,9$ – достатня внутрішня узгодженість;
- $0,7 \leq \alpha < 0,8$ – задовільна внутрішня узгодженість;
- $\alpha < 0,7$ – низька внутрішня узгодженість.

З метою проведення розрахунків варіанти відповідей на запитання анкети були переведені в програмі IBM SPSS Statistics 24 в числові шкали.

Результати розрахунку коефіцієнта Кронбаха для кожної з п'яти шкал наведені у табл. 2.29. Як видно з цієї таблиці, значення Альфа Кронбаха (α) для конструкцій шкал, що утворилися, варіюють від 0,704 до 0,923, що свідчить про прийнятний ($0,95 > \alpha \geq 0,7$) рівень їх надійності. Але останні дослідження рекомендують не використовувати даний статистичний показник беззастережно [64, 109, 128, 138].

Тому у моделі вимірювання, яка наведена у формі табл. 2.29, розраховано низку додаткових показників. Оцінку моделі вимірювання було реалізовано через вивчення внутрішньої узгодженості конструкції шкал, їх конвергентної та дискримінантної валідності [80].

Таблиця 2.29

Модель вимірювання

Construct	Items	Loadings	Cronbach's Alpha	CR	AVE
IT orientation level (OL)	OL1	0,848	0,923	0,924	0,669
	OL2	0,775			
	OL3	0,801			
	OL4	0,808			
	OL5	0,827			
	OL6	0,845			
Digital enterprise (DE)	DE1	0,909	0,704	0,854	0,608
	DE2	0,750			
	DE3	0,913			
	DE4	0,456			
Smart enterprise (SE)	SE1	0,779	0,716	0,754	0,507
	SE2	0,703			
	SE3	0,649			
Virtual enterprise (VE)	VE1	0,840	0,845	0,862	0,675
	VE2	0,826			
	VE3	0,799			
Readiness of Management and IT Infrastructure (RM)	RM1	0,566	0,738	0,677	0,345
	RM2	0,556			
	RM3	0,559			
	RM4	0,662			

Зокрема для оцінки узгодженості конструкції шкал крім Альфа Кронбаха (α) та була використана композитна надійність (*Composite Reliability, CR*).

Коефіцієнт композитної надійності (*CR*) є одним із найпоширеніших показників внутрішньої узгодженості в моделюванні структурними рівняннями (*Structural Equation Modeling, SEM*). Він використовується для оцінки того, наскільки добре окремі елементи латентної змінної вимірюють єдину концепцію. Розрахунок даного коефіцієнта ведеться за формулою:

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i^2}{\sum_{i=1}^k \lambda_i^2 + \sum_{i=1}^k e_i^2}, \quad (2.2)$$

де k – кількість елементів (запитань) у шкалі; λ_i – стандартизоване факторне навантаження i -го елемента шкали; e_i^2 – залишкова дисперсія i -го елемента шкали ($e_i^2 = 1 - \lambda_i^2$).

На відміну від α немає чітко встановлених порогів для CR , але загальноприйнятим є те, що значення вище 0,7 вказують на прийнятну внутрішню узгодженість[86]. Однак, оптимальний рівень CR може варіюватися залежно від конкретної дослідницької області та типу даних.

CR вважається менш упередженою оцінкою надійності порівняно з альфа-версією Кронбаха (α). У порівнянні з α композитна надійність (CR) є значно кращим варіантом оцінки завдяки її здатності спиратися на стандартизовані ваги регресії та похибки кореляції вимірювань для кожного елемента шкали.

Для знаходження значень стандартизованих факторних навантажень необхідно провести факторний аналіз.

Результати факторного аналізу проведеного у програмі IBM SPSS Statistics 24 представлені у табл. 2.30.

Таблиця 2.30

Повернута матриця компонент*

Елементи шкал	Компоненти			
	1	2	3	4
OL1. Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?	0,848	-	-	-
OL2. Чи є можливість налагодження дистанційної роботи працівників?	0,775	-	-	-
OL3. Чи можна сказати, що в управлінні Вашим підприємством основну роль відіграє інформаційна система?	0,801	-	-	-
OL4. Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?	0,808	-	-	-
OL5. Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?	0,827	-	-	-
OL6. Чи здійснюється постійне розширення меж застосування ІТ у виробничому процесі?	0,845	-	-	-
DE1. Чи у господарській діяльності компанія використовує САПР?	-	-	0,908	-
DE2. Чи у господарській діяльності компанія використовує PDM?	-	-	0,750	-
DE3. Чи у господарській діяльності компанія використовує PLM?	-	-	0,913	-
DE4. Чи існують на підприємстві повністю автоматизовані виробничі лінії?	-	-	-	0,456

Елементи шкал	Компоненти			
	1	2	3	4
SE1. Чи здійснюється на підприємстві синхронне планування виробничого процесу – APS?	-	-	-	0,779
SE2. Чи застосовується у діяльності підприємства система MES?	-	-	-	0,703
SE3. Чи використовується компанією промисловий інтернет речей IoT?	-	-	-	0,649
VE1. Чи використовується підприємством система ERP?	-	0,840	-	-
VE2. Чи впроваджена у компанії система CRM?	-	0,826	-	-
VE3. Чи запроваджена у компанії система SCM?	-	0,799	-	-
RM1. Чи використовує підприємство найсучасніші IT-рішення?	0,566	-	-	-
RM2. Чи адаптований менеджмент підприємства до впровадження інструментів Індустрії 4.0?	0,556	0,435	-	-
RM3. Чи забезпечене підприємство інфраструктурою для переходу на рівень «розумного»?	-	0,559	-	-
RM4. Чи існує готовність менеджменту підприємства до реалізації інструментів Індустрії 4.0?	0,662	-	-	-

*Метод виділення чинників: метод головних компонент. Метод обертання: варімакс із нормалізацією Кайзера. Обертання зійшлося за 5 ітерацій.

Нами було отримано 4 компоненти із власним значенням більше 1,0, що пояснюють 64,899% загальної дисперсії. Показник якості проведеного аналізу (міра адекватності вибірки Кайзера-Майєра-Олкіна – КМО) КМО = 0,879 (див. табл. 2.31), що свідчить про високу адекватність ($0,8 \leq \text{КМО} \leq 0,9$) застосування факторного аналізу до даної вибірки.

Таблиця 2.31

Показник якості факторного аналізу – КМО та критерій Бартлетта

Показники якості факторного аналізу		Значення
Міра адекватності вибірки Кайзера-Майєра-Олкіна (КМО).		0,879
Критерій сферичності Бартлетта	Орієнтовна хі-квадрат	3524,617
	ступені вільності	190
	Рівень значущості ($p < 0,05$)	0,000

Згідно даних табл. 2.29, значення CR коливаються від 0,667 до 0,924, що вказує також на прийнятний рівень внутрішньої узгодженості конструкцій розроблених шкал [45].

Для оцінки конвергентної валідності шкал у моделі вимірювання була використана середня пояснена (вилучена) дисперсія (*Average Variance Extract, AVE*) щодо навантаження елементів шкал, отриманих в результаті факторного аналізу методом головних компонент з варімаксимним обертанням. Конвергентна валідність використовується для вимірювання рівня кореляції кількох показників однієї моделі. На практиці *AVE* обчислює рівень дисперсії, знайдений у конструкції шкали через помилку виміру:

$$AVE = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i^2}{k}, \quad (2.3)$$

де k – кількість елементів (запитань) у шкалі; λ_i – стандартизоване факторне навантаження i -го елемента шкали.

Її значення коливається від нуля до одиниці, представляючи відношення загальної дисперсії через латентну змінну. Значення *AVE* більше 0,7 для конструкції шкали вважається дуже добрим, а значення 0,5 і вище прийнятним [78]. Для більшості шкал значення *AVE* більше 0,5 (див. табл. 2.29), і тільки для шкали «Готовність керівництва та ІТ-інфраструктури (RM)» його значення дорівнює відповідно 0,345. Однак значення *AVE* менше 0,4 є прийнятним за умови, коли композитна надійність (*CR*) для відповідної конструкції шкали вище 0,6 [76]. У нашому випадку для шкали «Готовність керівництва та ІТ-інфраструктури (RM)» значення $CR=0,677$, отже конвергентна валідність її конструкції прийнятна. Таким чином, умова конвергентної валідності інструментів вимірювання у цьому дослідженні була забезпечена.

Оцінка дискримінантної валідності здійснювалася за квадратним коренем із середньої поясненої дисперсії *AVE* вилученої з матриці перехресного завантаження і співвідношенням гетероознак та моноознак (*Heterotrait-Monotrait ratio* – *HTMT*) [82]. Квадратний корінь зі значення *AVE* для кожної конструкції шкали має бути більшим за кореляції між цією конструкцією та будь-якою іншою конструкцією в моделі. Це забезпечує підтвердження дискримінантної

валідності, оскільки показує, що конструкція шкали має більше спільної дисперсії зі своїми показниками, ніж з іншими конструкціями шкал.

Проведені розрахунки кореляційної матриці гетероознак і квадратний корінь з *AVE* представлено в табл. 2.32.

Таблиця 2.32

Гетеротрейтова кореляційна матриця та квадратний корінь із *AVE*

$\sqrt{AVE}$	OL	DE	SE	VE	RM
OL	0,818	-	-	-	-
DE	0,226	0,779	-	-	-
SE	0,238	0,248	0,712	-	-
VE	0,170	0,187	0,320	0,822	-
RM	0,405	0,236	0,256	0,311	0,587

Якщо значення на діагоналі (квадратні корені з *AVE*) матриці більші за позадіагональні значення в її рядках і стовпцях, то це підтверджує дискримінантну валідність конструкцій шкал.

Як видно з табл. 2.32, квадратний корінь із середньої поясненої дисперсії *AVE*, вилученої з кожної конструкції шкали (виділено жирним шрифтом) більший, ніж її гетерознакова кореляція з іншими конструкціями шкал. Це підтверджує, що дискримінантна валідність даних була забезпечена.

Подібним чином розраховується Heterotrait-Monotrait (*HTMT*), як відношення середніх значень кореляцій показників між конструкціями шкал, розділених на кореляцію показників у кожній окремій конструкції. Heterotrait-Monotrait Ratio (*HMR*) – це статистичний показник, який використовують у міжнародних порівняльних дослідженнях і соціальних науках для оцінки конструктної валідності. Він вимірює співвідношення між варіацією між групами (гетероознак) і варіацією всередині однієї групи (моноознаки). Використання *HMR* дозволяє оцінити, наскільки добре конструкт, що вимірюється, відрізняється від інших конструктів і чи може відрізнити різні групи або умови. У літературі [99] обґрунтовано максимальний допустимий поріг значення *HTMT* = 0,9.

Даний коефіцієнт розраховується на основі емпіричної кореляційної матриці S показників, яка в загальному вигляді подається наступним чином:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & r_{i1,i2} & \cdots & r_{i1,iK_i} & r_{i1,j1} & r_{i1,j2} & \cdots & r_{i1,jK_j} \\ r_{i2,i1} & 1 & \cdots & r_{i2,iK_i} & r_{i2,j1} & r_{i2,j2} & \cdots & r_{i2,jK_j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{iK_i,i1} & r_{iK_i,i2} & \cdots & 1 & r_{iK_i,j1} & r_{iK_i,j2} & \cdots & r_{iK_i,jK_j} \\ r_{j1,i1} & r_{j1,i2} & \cdots & r_{j1,iK_i} & 1 & r_{j1,j2} & \cdots & r_{j1,jK_j} \\ r_{j2,i1} & r_{j2,i2} & \cdots & r_{j2,iK_i} & r_{j2,j1} & 1 & \cdots & r_{j2,jK_j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{jK_j,i1} & r_{jK_j,i2} & \cdots & r_{jK_j,iK_i} & r_{jK_j,j1} & r_{jK_j,j2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.4)$$

Для розрахунку значення НТМТ використовується наступна формула:

$$HTMT_{ij} = \frac{\frac{1}{K_i K_j} \sum_{g=1}^{K_i} \sum_{h=1}^{K_j} r_{ig,jh}}{\sqrt{\left| \frac{2}{K_i(K_i-1)} \sum_{g=1}^{K_i-1} \sum_{h=g+1}^{K_i} r_{ig,ih} \times \frac{2}{K_j(K_j-1)} \sum_{g=1}^{K_j-1} \sum_{h=g+1}^{K_j} r_{jg,jh} \right|}}. \quad (2.5)$$

В даній формулі чисельник є середня кореляція між відповідями на запитання двох шкал, а в знаменнику під знаком кореня знаходиться добуток середньої кореляції відповідей на запитання першої шкали та середньої кореляції відповідей на запитання другої шкали, для яких розраховується даний показник.

Не дивлячись на складність формули (2.5) розрахунок значень НТМТ для шкал відносно нескладно можна проводити в табличному процесорі MS Excel, на основі розрахованої емпіричної матриці парних кореляцій відповідей на запитання шкал у середовищі IBM SPSS Statistics 24 або STATISTICA 10 (див. Додаток Д).

У табл. 2.33 наведено матрицю розрахованих значень НТМТ, у якій всі значення нижчі 0,9, що вказує на прийнятну дискримінантну валідність всіх запропонованих конструкцій шкал.

Таблиця 2.33

Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)

HTMT ratio	OL	DE	SE	VE
DE	0,429	-	-	-
SE	0,429	0,566	-	-
VE	0,258	0,362	0,584	-
RM	0,789	0,584	0,599	0,615

Таким чином, розроблені конструкції п'яти шкал, для оцінювання рівня орієнтації підприємства на ІТ, належності його до групи «цифрових», «розумних» чи «віртуальних» підприємств, а також готовності керівництва підприємства та його ІТ-інфраструктури до впровадження інструментарію Індустрії 4.0 в практику діяльності, можуть використовуватися для оцінки даних характеристик вітчизняних підприємств.

Отже, формування та обґрунтування шкал для класифікації підприємств як «цифрових», «розумних» та «віртуальних» відповідно до рівня використання ними інструментів Індустрії 4.0 є важливим кроком до глибшого розуміння процесів цифрової трансформації підприємств. Запропоновані підходи дозволяють не лише структурувати підприємства за ступенем їх технологічної зрілості, але й сприяють формуванню релевантних стратегій державної підтримки, галузевого розвитку та внутрішнього управління інноваціями. В умовах глобальної конкуренції та стрімкого розвитку цифрових технологій така класифікація є вкрай актуальною — вона допомагає ідентифікувати рівень готовності бізнесу до викликів нової індустріальної парадигми та приймати більш обґрунтовані рішення на всіх рівнях управління.

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. Описано історію становлення Індустрії 4.0. та популяризації у різних країнах. Підтвердженням важливості та ефективності використання інструментів Індустрії 4.0 на ефективність діяльності підприємств та зростаюча роль концепції Індустрії 4.0 у розвитку економіки, зокрема переорієнтацію на цифрову економіку, підтверджується практичними досягненнями та позитивними результатами інших країн, де ця дієвість вже перевірена часом.

2. Проаналізовано тенденції розвитку та практичного застосування інструментів Індустрії 4.0. Отримані результати показали, що українська ІТ-індустрія демонструє значний внесок у економіку країни, генеруючи мільярдні доходи від експорту послуг, хоча динаміка зростання за останні роки дещо знизилася. Технології Індустрії 4.0, зокрема Інтернет речей, штучний інтелект, 3D-друк та хмарні сервіси, активно інтегруються як у світову, так і в українську промисловість, забезпечуючи автоматизацію та оптимізацію бізнес-процесів. У світі зростає кількість "розумних" пристроїв та домогосподарств, а провідні корпорації, такі як Microsoft, постійно інвестують у ІІІ для розвитку нових продуктів і рішень. В Україні рівень інноваційної активності підприємств варіюється залежно від галузі, що вказує на необхідність додаткових стимулів для менш активних секторів. Результати проведеного SWOT-аналізу показали, що Україна має значний потенціал для впровадження Індустрії 4.0, проте існують суттєві виклики, які потрібно вирішувати. Запропоновано стратегії дозволяють ефективно використовувати можливості, мінімізувати ризики та подолати слабкі сторони в контексті реалізації Індустрії 4.0 в Україні. Загалом, національна промисловість продовжує трансформуватися у напрямку Індустрії 4.0, розширюючи свої можливості для підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку.

3. Дослідження використання ІТ-інструментарію на підприємствах Львівщини показало, що більшість вибірки (56%) складають малі підприємства з чисельністю працівників до 50 осіб. Промисловість виявилася найактивнішою

сферою економічної діяльності, охопивши 39,7% вибірки, що свідчить про її лідерство у впровадженні цифрових технологій. Географічний аналіз засвідчив концентрацію більшості підприємств у Львівському районі (60,6%).

Підприємства з понад 10-річним досвідом роботи є найбільш активними у впровадженні цифрових технологій (72,2%). Серед середніх підприємств (11–50 осіб) найчастіше зазначали можливість налагодження дистанційної роботи (6,6%) та спостерігалася найвища активність у цифровізації бізнесу (12,25%). Водночас значна частина цих підприємств (25,8%) не оцінює рівень автоматизації та роботизації як високий. Найбільша активність у застосуванні цифрових технологій спостерігається в промисловості, яка демонструє провідні позиції за показниками автоматизації бізнес-процесів, реінжинірингу та розширення використання ІТ у виробництві. Загалом, підприємства з тривалим досвідом роботи на ринку найбільш активно впроваджують цифрові інновації.

4. У дослідженні розроблено шкали на основі проведеного анкетування, за допомогою яких визначається рівень застосування ІТ-технологій на конкретному підприємстві. Це дало можливість класифікувати до якої з груп «цифрове», «розумне» чи «віртуальне» відноситься аналізоване підприємство. Зокрема, із питань розробленої анкети, сформовано наступні шкали: Шкала 1: Рівень орієнтації на ІТ; шкала 2: Цифрове підприємство; шкала 3: Розумне підприємство; шкала 4: Віртуальне підприємство; шкала 5: Готовність керівництва та ІТ-інфраструктури. Таким чином, розроблені конструкції п'яти шкал, для оцінювання рівня орієнтації підприємства на ІТ, належності його до групи «цифрових», «розумних» чи «віртуальних» підприємств, а також готовності керівництва підприємства та його ІТ-інфраструктури до впровадження інструментарію Індустрії 4.0 в практику діяльності, можуть використовуватися для оцінки даних характеристик вітчизняних підприємств.

Результати авторських напрацювань відображено у наукових публікаціях: (Шпак Н., Кіс С., 2022 (а); Shpak N., Maznyk L., Dvulit Z., Doroshkevych K., Horbal N., Kis S., 2021; Ohinok S., Gvozd M., Kis S., Prsyazhniuk Y., 2023).

РОЗДІЛ III. РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІНДУСТРІЇ 4.0

3.1. Формування алгоритму зміни бізнес-моделі в процесі переходу від традиційного до розумного підприємства

Сучасні суб'єкти господарювання ведуть свою діяльність в умовах пришвидшеного розвитку інформаційних технологій. Це означає, що для них є і більше викликів, і більше можливостей. Адже швидше змінюються запити споживачів, зростає конкуренція на глобальному ринку, проте використання інструментів Індустрії 4.0 дає багато можливостей, які допомагають виграти у конкурентній боротьбі і нівелювати загрози. Тобто ефективність діяльності сучасних підприємств залежить від ефективності їх системи менеджменту. Тому адаптація підприємств до різних викликів зовнішнього середовища вимагає і зміни їх моделей управління бізнесом [19]. Під бізнес-моделлю науковці [160] розуміють сукупність способів та правил ведення діяльності в компанії, яка аналізується через призму її структури, продукції, способів доставки товарів та обслуговування споживачів, підвищення ринкової вартості, що лежать в основі стратегії, використовуючи яку, компанія створює цінність для клієнтів і одержує від цього прибуток. Так, вчені [15] зазначають, що бізнес-модель логічно описує, яким чином організація створює продукт чи послугу, постачає клієнтам і набуває різні форми вартості – економічну, соціальну та інші. Вчені [97, 125] розкрили економічну сутність бізнес-моделі, як опис цінності, яку підприємство пропонує різним клієнтам, що відображає здатності підприємства, необхідні для створення, просування і постачання цієї цінності клієнтам, а також відносини капіталу, необхідні для отримання стійких доходів. Шпак Н. та колектив його співавторів [135] представили набір пов'язаних модельних елементів, що визначають внутрішнє та зовнішнє середовище компанії в рамках єдиної

системи. Spieth [141] та ін., обґрунтували практичну доцільність побудови бізнес-моделей на інноваційних засадах. На думку вчених, це забезпечить успішну інтеграцію компаній у бізнес-середовище в сучасних умовах та ефективне реагування на майбутні виклики для підприємства. Науковці обґрунтовують, що ефективні бізнес-моделі повинні базуватися на трьох цілях: пояснення бізнесу, ведення бізнесу та розвиток бізнесу. Такий науковий погляд розділяють і інші вчені [151], які описують необхідність трансформації бізнес-моделей через призму впровадження інновацій. Автори обґрунтовують, що із розвитком інформаційних технологій повинні змінюватися і моделі функціонування підприємств, щоб забезпечити останнім адаптивність до нових викликів бізнес-середовища: посилення конкуренції, швидких змін у запитах споживачів і т.п. Отже, у науковій літературі в якості поняття бізнес-моделі використовують опис принципів, методів, правил, інструментів, стратегій, що лежать в основі менеджменту підприємства, для забезпечення його ефективного функціонування в сучасних ринкових умовах господарювання, адаптації до нових викликів бізнес-середовища, з метою створення цінності, підвищення конкурентоспроможності та отримання прибутку. Враховуючи ці передумови, дуже важливо розвинути теоретичні аспекти формування алгоритму зміни бізнес-моделі підприємства в процесі його переходу від традиційного до розумного, як цього вимагають умови Індустрії 4.0.

Четверта промислова революція – це трансформація промислового виробництва в розумне виробництво. Розвиток цифрових технологій, які формують тренд Індустрії 4.0, розглядається як трансформаційна сила, яка уможливить цю трансформацію. Однак цифрові технології Індустрії 4.0 необхідно об'єднати, інтегрувати та ефективно використовувати для створення цінності та надання глибокої інформації для виробництва, керованого даними. Ця концепція спрямована на створення систем, які покращують вертикальну та горизонтальну інтеграцію виробництва за допомогою комплексної та інтелектуальної автоматизації промислових процесів, інформованого та

децентралізованого прийняття рішень у реальному часі та суворих вимог до якості, які можна контролювати в будь-який час. Інфраструктура Індустрії 4.0, яка у багатьох випадках підтримується роботами, датчиками та алгоритмами, вимагає висококваліфікованих працівників, здатних постійно контролювати якість як виробів, що виробляються, так і базових виробничих процесів.

В розвиток цього питання колектив вчених [24, 39] розробили метод аналізу виробничого процесу зі змінними, що вказують на конкурентоспроможність продукції та технологічні можливості в бізнес-середовищі. Представлений метод вчених допомагає ідентифікувати ключові фактори розвитку виробничих процесів, які мають найбільший вплив на адаптацію виробничого підприємства до Індустрії 4.0.

Cardoso, A., Pereira, M. [61] розкрили вплив цифрової культури на знання компаній і постійну відданість цифровій трансформації, а також її вплив на організації в цілому. Також вчені дослідили вплив впровадження цифрових технологій на ефективність організації та конкурентоспроможність. Їхня увага також була зосереджена на дослідженні ролі управління знаннями під час цифрової трансформації. Адже важливо підкреслити, що саме людський потенціал формує якість впровадження цифрових технологій у діяльність підприємств. В цьому контексті дуже важливо приділити увагу зміні бізнес-моделі.

Перехід від традиційного до розумного підприємства з використанням цифрових технологій пропонується здійснити за допомогою алгоритму, представленого на рис. 3.1.

Представлений на рис. 3.1. алгоритм переходу підприємства від традиційного до розумного (цифрового чи віртуального) передбачає логічну послідовність етапів [38].

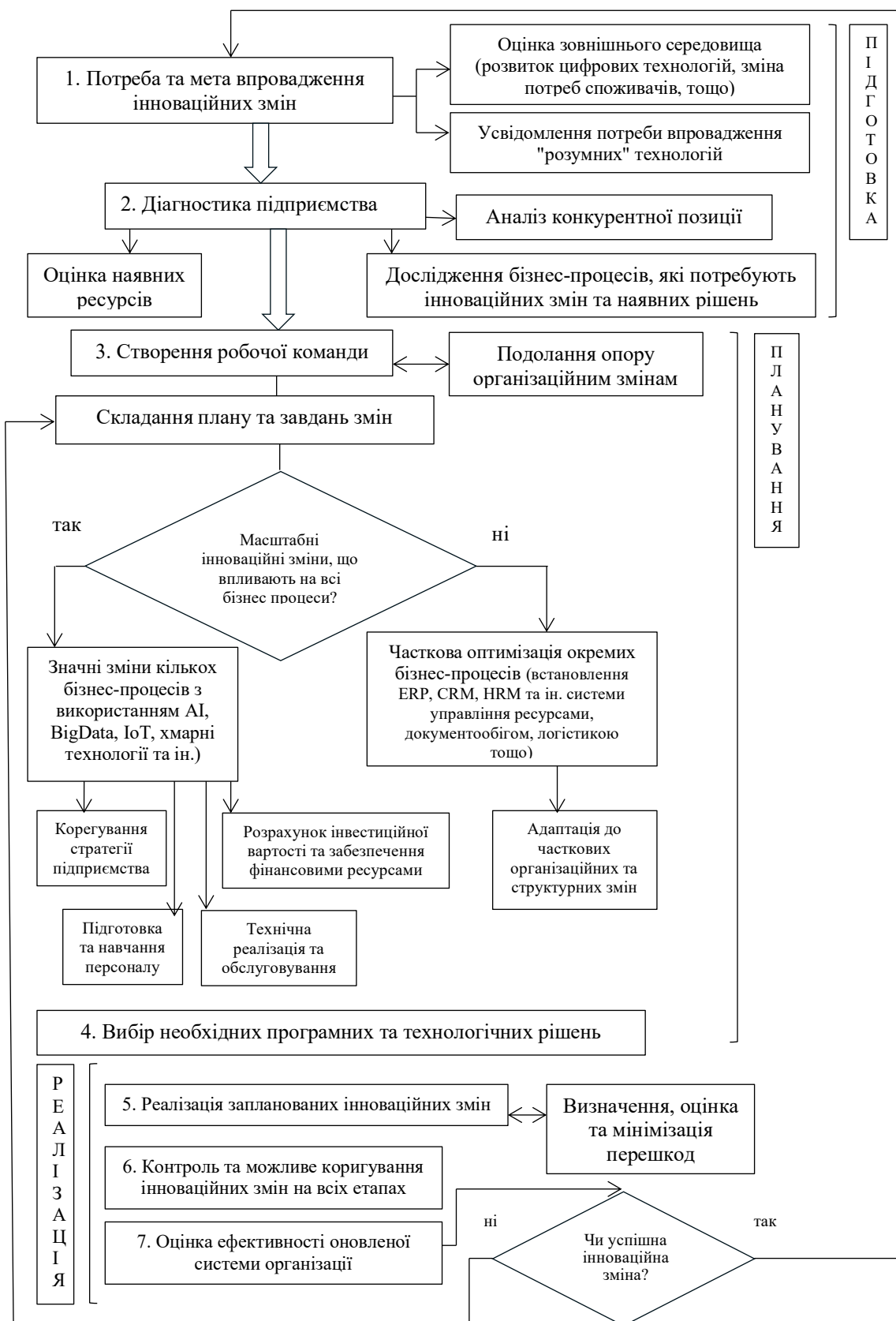


Рис. 3.1. Алгоритм переходу від традиційного до розумного підприємства з використанням цифрових технологій

Джерело: власна розробка автора

Перший етап є підготовчий, його важливість полягає в тому, що керівництво організації повинне усвідомити потребу та необхідність впровадження цифрових технологій в діяльність підприємства та трансформацію бізнес-процесів. Для цього потрібно здійснити детальну діагностику зовнішнього середовища, оцінити ступінь проникнення цифрових технологій в галузь, у якій здійснюється діяльність. Часто потребу в таких змінах диктують споживачі, в яких в силу різних обставин змінюються потреби та цінність тих чи інших продуктів і послуг. Також варто зважати на інновації, які використовують у своїй діяльності конкуренти. Такий ґрунтовний аналіз дасть змогу визначитись з потребами (чи це будуть кардинальні та масштабні зміни, чи окремі часткові) та метою змін (в чому саме є потреба змін, тобто що потрібно змінити за допомогою впроваджених цифрових рішень). Наступним кроком на етапі підготовки є проведення діагностики підприємства. Діагностика передбачає збір інформації про основні та допоміжні процеси в організації в контексті їх продуктивності, злагодженості роботи, оцінці використання технологій, їх вузькі місця та пріоритетні напрямки зміни. Сформовані конкретні цілі можуть стосуватися збільшення ефективності бізнес-процесів, зменшення витрат, скорочення часу на їх здійснення або підвищення якості робіт, продуктів чи послуг.

Описані бізнес-процеси створюють цілісну картину, як вони між собою взаємопов'язані, це дозволяє чіткіше вибрати, які цифрові інструменти найкраще підібрати – ERP-систему, CRM-систему чи додаткові інструменти для маркетингу, це зекономить час та кошти. Для зручності будується карта бізнес-процесів. Залучаються не лише співробітники, але й клієнти та постачальники.

На основі зібраних даних визначаються ті процеси, які потребують оновлення, серед них виділяються пріоритетні напрями оптимізації. Це можна здійснити, наприклад, ранжуванням за методом експертних оцінок. Зазначається забезпеченість бізнес-процесів різними видами ресурсів. В тому числі, чи

персонал має достатню кваліфікацію для запланованої оптимізації бізнес-процесів.

Формується робоча команда, яка буде здійснювати зміни на підприємстві, призначається відповідальна особа. Вже на цьому етапі організація може зіткнутися з опором персоналу щодо перетворення старих бізнес-процесів, причини такого опору можуть бути дуже різними – від нерозуміння потреби та ефективності запланованих змін до негативного попереднього досвіду чи невпевненістю, що в організації буде достатньо фінансових ресурсів та кваліфікації персоналу для їх втілення. Тому керівництву важливо з'ясувати причини такого опору та впровадити заходи щодо їх усунення. Адже це дасть змогу впровадити зміни швидше та ефективніше.

Наступним кроком є складання детального плану дій для впровадження нових бізнес-процесів та завдань. Вони повинні бути конкретними та вимірюваними, забезпеченими ресурсами та відповідальними особами. Обов'язково потрібно здійснити оцінку чи заплановані оптимізовані моделі будуть сумісними з основними бізнес-процесами. Складання плану та завдань будуть залежати від того, які передбачені масштаби перетворень. Якщо вони значні, торкаються зміни кількох бізнес-процесів, передбачають впровадження нових цифрових рішень з використанням AI, Big Data, IoT, хмарних технологій та інше, то відповідно повинні бути окремо складені плани щодо технічної їх реалізації та обслуговування, підготовки та навчання персоналу, організаційного плану поетапності їх впровадження, фінансового плану залучення інвестиційних коштів і розрахунку їх ефективності та окупності, корегування стратегії, організаційної структури, змін цінностей, правил та норм діяльності організації. Також на цьому етапі доцільно було б запланувати тестування створених прототипів, щоб перед впровадженням оцінити ефективність розроблених рішень.

Часткова оптимізація окремих бізнес процесів, як наприклад, встановлення окремих ERP, CRM, HRM та інших системи управління ресурсами,

документообігом, логістикою тощо, передбачає простіші вимоги до складання планів, заходи можуть поєднуватись в єдиному плані оптимізації.

Завершується даний етап тестуванням прототипів та відбором необхідних цифрових рішень та програмних продуктів.

Реалізація запланованих інноваційних змін полягає в частковому (поетапному) чи повному їх впровадженню, залежно від їх обсягу та можливостей організації. Після впровадження нових бізнес-процесів здійснюється контролювання на основі моніторингу їх діяльності та оцінюється ефективність. Це допоможе визначити, чи відповідають отримані результати очікуванню і при потребі внести корективи у завдання та плани для зміни інструментів, цифрових рішень.

Та навіть при їх успішній реалізації передбачається постійне удосконалення та підтримка, адже розвиток цифрових технологій не стоїть на місці, постійно виникають нові можливості та потреби. Тому важливо для організації створити таке середовище, яке б передбачало постійний розвиток і навчання персоналу, вивчення нових технологій та методів роботи і впровадження їх в діяльність підприємства.

Цифровізація підприємств має як позитивний, так і негативний вплив на персонал. Працівники, які виконують стереотипні ручні роботи будуть змушені перенавчатися. Зміни стосуватимуться не лише робітників, але й менеджерів. Управлінцям потрібно буде мати обов'язкові хоча б часткові знання інженерії та ІТ-технологій. Різні дослідження визначають необхідні ключові навички, які повинні мати успішні працівники в майбутньому. Звіт WEF про майбутнє робочих місць визначає 10 ключових навичок, якими повинні володіти працівники, враховуючи, що очікується, що більше третини навичок зміняться протягом п'ятирічного терміну. До них належать: творчість, емоційний інтелект, аналітичне мислення, активне навчання, здатність аналітично мислити та приймати рішення, навички міжособистісного спілкування, лідерські навички,

різноманітність та культурний інтелект, технологічні навички, прийняття змін [147].

В сучасних підприємствах, які використовують у своїх діяльності ІТ-технології, досягнення ефективної роботи в значній мірі залежить від особливостей керівного персоналу. Менеджери повинні мати інноваційне бачення та інтегрувати співробітників і клієнтів в інноваційну стратегію Індустрії 4.0. В таких організаціях важливо створювати відповідну сильну організаційну культуру, яка б забезпечувала бажання співробітників навчатися та ділитися технологічними навичками; організовувала комфортний організаційний клімат для командної роботи, середовище для спільного конструктивного вирішення проблем та прийняття рішень для технологічних трансформацій. Крім того, важливо в організаціях забезпечувати атмосферу довіри, де члени команди будуть сприймати сильні та слабкі сторони один одного. Менеджери повинні мати навички спілкування і співпраці та вміння в управлінні талантами [142].

Трансформація організаційної культури підприємств в контексті їх цифровізації представлена на рис. 3.2.

Як видно з рисунка, насамперед потрібно розробити чи вдосконалити місію, уточнити цілі та цінності, враховуючи зміни, пов'язані з цифровізацією. Вони повинні бути сформовані в контексті сталого розвитку та відображати особливості діяльності підприємства з врахуванням масштабів цифровізації. Наступним етапом здійснюється аналіз існуючого стану організаційної культури, щоб знати куди рухатись, потрібно визначити на якому етапі та в якому стані організаційна культура перебуває. Тому на цьому етапі здійснюється оцінка існуючих традицій, норм поведінки, цінностей, формальних правил, які існують в організації, а також рівень залученості працівників до процесу диджиталізації та рівень їх цифрових компетентностей.

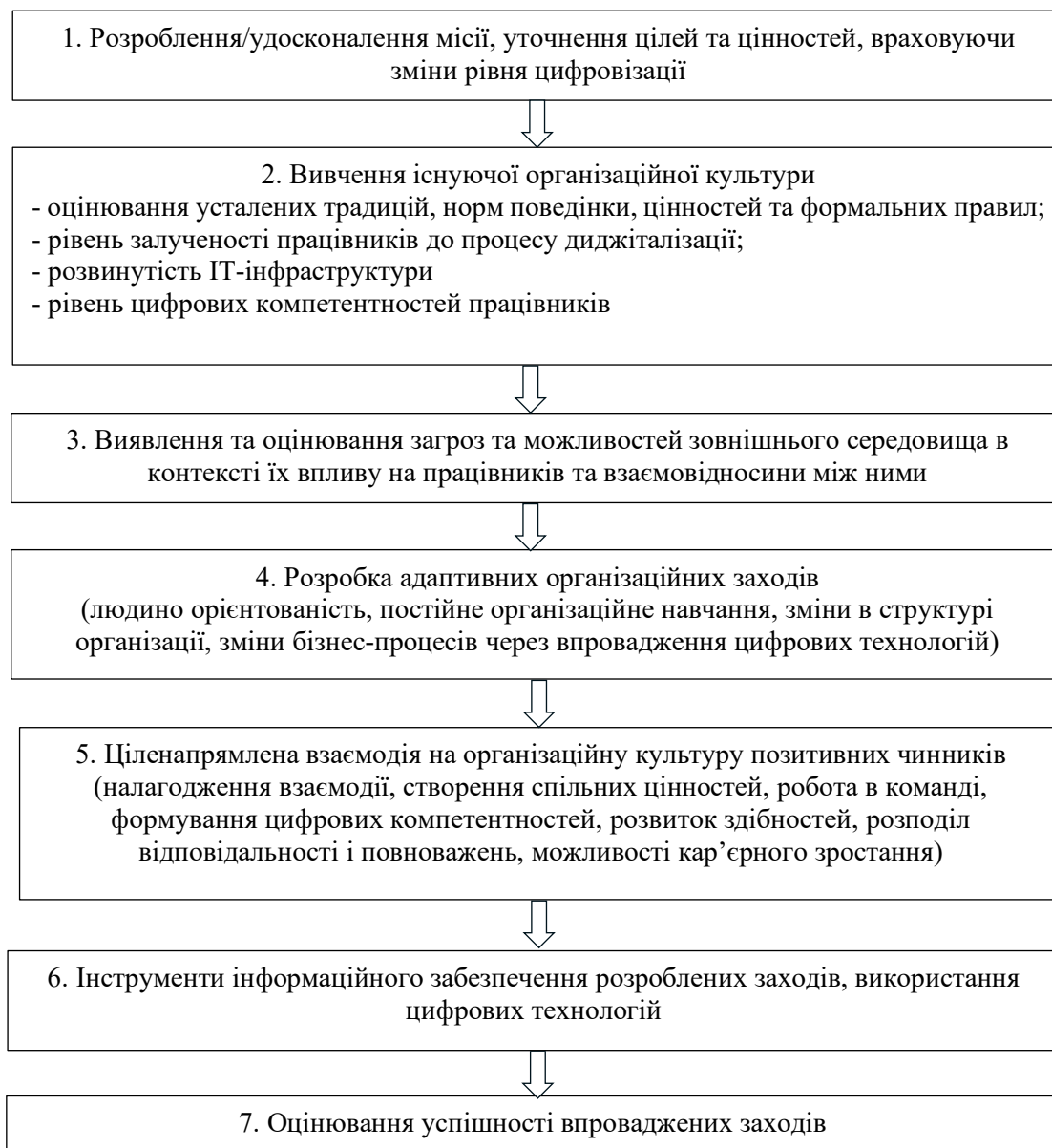


Рис. 3.2. Алгоритм трансформації організаційної культури підприємств в контексті їх цифровізації

Джерело: власна розробка автора

Наступним кроком досліджуються і оцінюються загрози та можливості зовнішнього середовища в контексті їх впливу на працівників та взаємовідносини між ними, а також ризиків, які вони можуть становити та переваги, які вони можуть надати. Четвертий етап стосуватиметься розробки адаптивних організаційних заходів на основі отриманої на попередніх етапах інформації. Дані заходи стосуватимуться створення середовища постійного

організаційного навчання, зміцнення довіри в колективі та створення сприятливих умов функціонування в людино-кіберфізичних системах. П'ятий етап стосується реалізації розроблених заходів. Тут на перший план виступає налагодження взаємодії створення спільних цінностей, розвиток здібностей персоналу та їх талантів, розподіл відповідальності і повноважень та можливості кар'єрного зростання. Всі ці заходи закріплюються через призму інформаційного забезпечення, відбувається їхня оцінка ефективності та при потребі, вносяться корективи.

Отже, основні переваги підприємств, які здійснили цифрову трансформацію є те, що:

- цифрові технології створюють єдиний простір для ефективного менеджменту;
- забезпечують високу гнучкість підприємств;
- оптимізують бізнес-процеси;
- підвищують якість управлінських рішень в умовах невизначеності;

ІТ-ресурси мають вирішальне значення для впровадження технологій у розвинутих країнах, але це залишається бар'єром у країнах, що розвиваються [80].

Сучасні підприємства, які бажають перейти в розряд розумних, часто в процесі трансформації своїх бізнес процесів стикаються з наступними проблемами:

1) недостатня кваліфікація персоналу може бути перешкодою для ефективного використання цифрових технологій на підприємстві. Здатність персоналу швидко адаптуватись до цифрових змін, вміти використовувати переваги цифрових інструментів визначає успішність та швидкість інтеграції цифрових технологій на підприємстві;

2) необхідність обґрунтування економічної вигоди від впровадження цифрових рішень. Відсутність або обмеженість фінансових ресурсів, необхідних для впровадження цифрових технологій для трансформації бізнес-процесів;

3) недостатня чи неможлива інтеграція з системами та програмним забезпеченням, особливо це стосується підприємств, які використовуються застарілі або не підтримувані програмні продукти;

4) несприйняття запланованих інноваційних змін персоналом підприємства, через різні причини, зокрема попередній невдалий досвід, недостатню власну кваліфікацію, нерозуміння щодо переваг сучасних систем управління та необхідності проведення таких змін. Це може створювати опір з боку персоналу та ускладнювати процес реалізації нововведень;

6) недосконала організація процесу впровадження нових систем менеджменту, що може призвести до будь-яких збоїв та незадоволення результатами перетворень.

З метою уникнення або вирішення зазначених проблем необхідно:

- забезпечити належне навчання та підготовку персоналу,
- створити середовище організації, де працівники будуть безперервно навчатися;
- визначити чіткі цілі та завдання впровадження цифрових рішень;
- розробити план дій та врахувати можливі ризики;
- залучати керівництво та персонал до процесу впровадження сучасних інформаційних систем та пояснювати їм переваги даних інноваційних змін, застосовувати ефективні програми мотивування;
- визначити показники та критерії оцінки успішності впровадження нової системи менеджменту, та проводити регулярний моніторинг її ефективності.

Штучний інтелект та цифрові технології у виробничих процесах здатні значно підвищити ефективність бізнесу завдяки кільком ключовим факторам. По-перше, вони сприяють автоматизації складних та повторюваних операцій, що підвищує загальну продуктивність і оптимізує ресурси. Однією з вагомих переваг є можливість прогнозування поломок обладнання ще до їх виникнення, завдяки чому можна уникнути збоїв у роботі. Ще одна важлива функція ШІ – це моніторинг і керування виробничими процесами в реальному часі. Завдяки

інтеграції датчиків, пристроїв IoT та алгоритмів ШІ системи можуть безперервно збирати й аналізувати дані, такі як температура, тиск, швидкість чи якість, що дозволяє швидко виявляти відхилення від норми і своєчасно коригувати процеси для забезпечення їх стабільної якості та ефективності. Завдяки таким рішенням виробничі підприємства не тільки покращують операційну ефективність, але й стимулюють інновації, підвищують стійкість і конкурентоспроможність на ринку.

Цифрові технології також дозволяють компаніям використовувати можливості аналізу великих даних, хмарні обчислення та Інтернет речей, що сприяє оптимізації витрат та оперативній адаптації до змін у ринкових умовах. Це забезпечує більш гнучкі бізнес-моделі, які дозволяють швидше і точніше відповідати на запити клієнтів.

3.2. Моделювання впливу використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень загальної рентабельності їх діяльності

У попередніх розділах роботи уже була обґрунтована практична необхідність переходу вітчизняних підприємств на рівень розумних, цифрових чи віртуальних. Крім того, в аналітичному розділі було досліджено вітчизняні підприємства різних сфер діяльності та розмірів на предмет ступеня використання інструментів Індустрії 4.0. Отримані результати показали, що вітчизняні підприємства у різній мірі використовують у своїй діяльності продукти Індустрії 4.0. Проте не всі підприємства, керівники яких усвідомлюють значущість цього мають можливість працювати в цьому напрямі, адже діджиталізація підприємств вимагає великих капіталовкладень, супроводжується високим ступенем ризику. Отож, постає питання, чи впливає рівень використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень загальної рентабельності їх діяльності? Щоб отримати відповідь на поставлене

запитання, тобто підтвердити гіпотезу про вплив рівня використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень їх загальної рентабельності, у даному пункті роботи буде здійснено моделювання впливу використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства на рівень загальної рентабельності їх діяльності.

Для виявлення впливу компонент шкал на рівень загальної рентабельності діяльності підприємств скористаємось t -критерієм Стьюдента. Статистично значущими за t -критерієм виявився вплив на рівень загальної рентабельності діяльності підприємств таких компонент шкал, як «OL1. Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?» у 2022-2023 рр., «OL4. Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?» у 2021-2023 рр. та «VE1. Чи використовується підприємством система ERP?» у 2020-2023 рр. Тобто середній рівень загальної рентабельності діяльності вищий у компаній, які дали відповідь «Так» в порівнянні з компаніями, які відповіли «Ні» Результати представлено в табл. 3.1-3.3.

Таблиця 3.1.

Динаміка результатів відповідей на запитання «Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?» у 2020-2023 рр., балів

OL1. Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?		Рівень загальної рентабельності (діапазон від 0 до 6)			
		у 2020 році	у 2021 році	у 2022 році	у 2023 році
Ні	Середній рівень	1,45	1,24	1,02	1,32
	Кількість компаній	62	62	62	62
Так	Середній рівень	1,70	1,82	1,82	2,09
	Кількість компаній	33	33	33	33
Всього	Середній рівень	1,60	1,68	1,71	1,85
	Кількість компаній	302	302	302	302

Як бачимо з даних табл. 3.1 середній рівень загальної рентабельності є вищим у компаній, які дали відповідь «Так» і в 2020-2021 роках, але на рис. 3.3 видно, що ця різниця не є статистично значущою.

Переменная	Среднее 5	Среднее 1	t-знач.	ss	p	N набл. 5	N набл. 1	Ст.откл. 5	Ст.откл. 1	F-отн. дисперс.	p дисперс.
P_20	1,696970	1,451613	0,720415	93	0,473076	33	62	1,648576	1,543654	1,140560	0,646497
P_21	1,818182	1,241935	1,706894	93	0,091179	33	62	1,685500	1,500661	1,261514	0,430175
P_22	1,818182	1,016129	2,564638	93	0,011930	33	62	1,685500	1,311887	1,650686	0,092663
P_23	2,090909	1,322581	2,091587	93	0,039201	33	62	1,702271	1,706057	1,004452	1,000000

Рис. 3.3. Скріншот з результатами оцінювання гіпотези про вплив активного впровадження цифрових технологій у діяльність на рівень загальної рентабельності підприємств з робочої книги STATISTICA 10

Таблиця 3.2

Динаміка результатів відповідей на запитання «Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?» у 2020-2023 рр., балів

OL4. Чи налагоджена система реінжинірингу бізнес-процесів?		Рівень загальної рентабельності (діапазон від 0 до 6)			
		у 2020 році	у 2021 році	у 2022 році	у 2023 році
Ні	Середній рівень	1,75	1,66	1,65	1,71
	Кількість компаній	105	105	105	105
Так	Середній рівень	2,73	2,91	3,18	3,18
	Кількість компаній	11	11	11	11
Всього	Середній рівень	1,60	1,68	1,71	1,85
	Кількість компаній	302	302	302	302

Переменная	Среднее 5	Среднее 1	t-знач.	ss	p	N набл. 5	N набл. 1	Ст.откл. 5	Ст.откл. 1	F-отн. дисперс.	p дисперс.
P_20	2,727273	1,752381	1,599361	114	0,112508	11	105	1,902152	1,925442	1,024638	1,000000
P_21	2,909091	1,657143	2,028030	114	0,044889	11	105	1,758098	1,965220	1,249499	0,742751
P_22	3,181818	1,647619	2,493819	114	0,014072	11	105	1,721522	1,961068	1,297658	0,686815
P_23	3,181818	1,714286	2,302614	114	0,023115	11	105	1,401298	2,060220	2,161554	0,179185

Рис. 3.4. Скріншот з результатами оцінювання гіпотези про вплив налагодженої системи реінжинірингу бізнес-процесів на рівень загальної рентабельності підприємств з робочої книги STATISTICA 10

З даних табл. 3.2 слідує, що середній рівень загальної рентабельності є вищим у компаній, які дали відповідь «Так» і в 2020 році, але на рис. 3.4 видно, що ця різниця не є статистично значущою. Важливим моментом, який варто відзначити у даному випадку є те, що 2022-2023 є воєнними роками, коли економічна ситуація в Україні різко погіршилася, але при тому середній рівень загальної рентабельності підприємств, які налагодили систему реінжинірингу бізнес-процесів, зростав з року в рік.

Таблиця 3.3

Динаміка результатів відповідей на запитання «Чи використовується підприємством система ERP?» у 2020-2023 рр, балів

VE1. Чи використовується підприємством система ERP?		Рівень загальної рентабельності (діапазон від 0 до 6)			
		у 2020 році	у 2021 році	у 2022 році	у 2023 році
Ні	Середній рівень	1,18	1,25	1,20	1,36
	Кількість компаній	121	121	121	121
Так	Середній рівень	2,56	2,56	2,67	2,56
	Кількість компаній	9	9	9	9
Всього	Середній рівень	1,60	1,68	1,71	1,85
	Кількість компаній	302	302	302	302

Переменная	Среднее	Среднее	t-знач.	сс	p	N набл.	N набл.	Ст.откл.	Ст.откл.	F-отн.	р
5	1					5	1	5	1	дисперс.	дисперс.
P_20	2,555556	1,181818	2,622486	128	0,009788	9	121	2,068279	1,471960	1,974359	0,110630
P_21	2,555556	1,247934	2,340167	128	0,020822	9	121	2,068279	1,582619	1,707912	0,206530
P_22	2,666667	1,198347	2,751993	128	0,006784	9	121	2,236068	1,486718	2,262105	0,054845
P_23	2,555556	1,363636	2,097571	128	0,037910	9	121	1,810463	1,632993	1,229167	0,575772

Рис. 3.5. Скріншот з результатами оцінювання гіпотези про вплив застосування підприємством системи ERP на рівень його загальної рентабельності з робочої книги STATISTICA 10

Я видно з наведених в табл. 3.1-3.3 даних, компанії, які дали відповідь «Ні» мали зниження середнього рівня загальної рентабельності діяльності у 2022 році, з початком повномасштабної війни росії проти України, порівняно з попереднім

2021 роком і його зростання у 2023 році, після адаптації до діяльності в умовах військового стану. У компаній, які відповіли «Так» дана тенденція не прослідковувалася, тобто середній рівень їх загальної рентабельності діяльності зростав з року в рік або залишався стабільним.

В цьому напрямку є напрацювання інших авторів, результати дослідження яких підтверджують наші результати. Наприклад, Wang D., Shao X. [153] стверджують, що цифрова трансформація є основним стратегічним напрямком в епоху цифрової економіки та перетворюється на ключову конкурентну перевагу між галузями та підприємствами. Результати дослідження цих вчених показали, що цифрова трансформація відіграє значну роль у підвищенні ефективності виробництва виробничих підприємств, і ефект просування більш очевидний для високотехнологічних підприємств і недержавних підприємств, ніж для невисокотехнологічних підприємств і державних підприємств.

Враховуючи виявлені нами тенденції, щодо наявності впливу цифрової трансформації підприємств на рівень їх загальної рентабельності діяльності, було прийнято рішення про вивчення характеру цього впливу за результатами проведеного вибіркового обстеження підприємств Львівщини, шляхом побудови SEM-моделі.

Прогрес, що спостерігається останнім часом, в площині багатомірного статистичного аналізу й аналізу кореляційних структур, об'єднаний із новітніми обчислювальними алгоритмами, являється відправною точкою для створення нової, але вже такої, що одержала визнання, техніки моделювання структурними рівняннями (SEPATH). Ця, по суті справи, всеосяжна й надзвичайно потужна техніка багатомірного аналізу включає велику кількість методів з різних областей статистики. Коротко можна сказати, що SEPATH являє собою потужний розвиток багатьох методів багатомірного аналізу, а саме множинна регресія й факторний аналіз одержали тут природний розвиток і поєднання.

Одним з основних завдань, для вирішення яких використовуються структурні рівняння, є причинне моделювання або аналіз шляхів, при проведенні

якого передбачається, що між змінними є причинні взаємозв'язки. Можлива перевірка гіпотез і підбір параметрів причинної моделі, що описується лінійними рівняннями. Причинні моделі, які будуються, можуть включати явні або латентні змінні, або й ті, і інші.

Структурні рівняння, що включають тільки лінійні зв'язки між явними і латентними змінними зображуються у вигляді діаграм шляхів.

Постановка завдання структурного моделювання здійснюється в такий спосіб [131]. Припустимо, що є змінні, для яких відомі статистичні моменти, наприклад, матриця вибірових коефіцієнтів кореляції або коваріації. Такі змінні називаються явними. Вони можуть бути характеристиками складної системи. Реальні зв'язки між спостережуваними явними змінними можуть бути досить складними, однак припускаємо, що є деяке число прихованих змінних, які з відомим ступенем точності пояснюють структуру цих зв'язків. Таким чином, за допомогою латентних змінних будується модель зв'язків між явними й неявними змінними. У деяких завданнях латентні змінні можна розглядати як причини, а явні – як наслідок, такі моделі називаються причинними. Допускається, що приховані змінні, у свою чергу, можуть бути пов'язані між собою. Структура зв'язків може бути досить складною, однак тип цих зв'язків за замовчуванням описується лінійними рівняннями. Якісь параметри лінійних моделей відомі, якісь ні, і є вільними параметрами.

Основні етапи процесу структурного моделювання показані на рис. 3.6 у вигляді діаграми. Хоча логіка математичних обчислень при проведенні структурного моделювання досить складна, основні етапи відповідають п'яти крокам, які відображені на рис. 3.6.

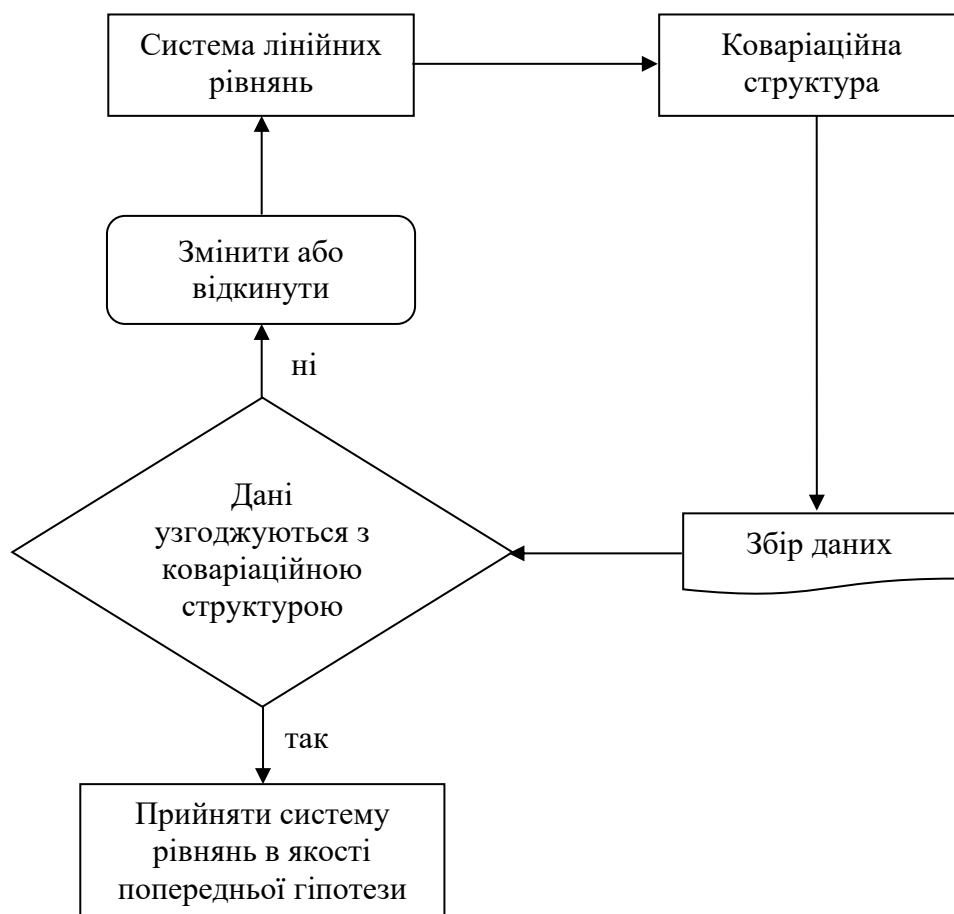


Рис. 3.6. Алгоритм процесу структурного моделювання

В цілому процес моделювання структурними рівняннями в програмному пакеті STATISTICA 10 складається з п'яти етапів:

1. Формування моделі – попередній опис способів, якими приблизно явні й приховані змінні пов'язані між собою (спочатку це робиться графічно, мовою діаграм шляхів, потім переводиться на мову системи SEPATH).
2. За допомогою певних правил програма перетворює модель, сформульовану мовою системи (PATH1), у модель для дисперсій і коваріацій змінних. Програма визначає, які значення дисперсії й коваріації змінних виходять у поточній моделі на підставі вхідних даних. Модель записується у файл моделі з розширенням *.cmd.
3. Перевірка програмою, наскільки добре отримані дисперсії й коваріації задовольняють запропоновану модель.

4. Повідомлення програми користувачеві про отримані результати статистичних випробувань, а також результати оцінок параметрів і стандартних помилок для чисельних коефіцієнтів у лінійних рівняннях разом з більшою кількістю додаткової діагностичної інформації.
5. На підставі цієї інформації, користувач вирішує, чи достатньо добре поточна модель узгоджується з вихідними даними. Якщо якість припасування незадовільна, то повертаються до першого кроку й реструктурують модель. Поступово змінюючи модель, домагаються прийнятного ступеня її адекватності вихідним даним.

Для задання структурних зв'язків між змінними програма STATISTICA використовує командну мову *PATH1*, що за своїми можливостями схожа на діаграми шляхів. Проте, тільки для простих систем можна описувати зв'язки й змінні відразу мовою *PATH1*. Складні системи, принаймні, у головних своїх елементах, спочатку зображуються графічно. Для цього служать діаграми шляхів. Діаграми шляхів відіграють істотну роль у процесі структурного моделювання. Діаграми шляхів нагадують блок-схеми. Вони зображують змінні, пов'язані між собою лініями, які використовуються для відображення причинних зв'язків. Кожний зв'язок або шлях містить у собі дві змінні (включені в прямокутник або коло), з'єднані лініями, зазвичай прямими, що мають стрілку-показчик на одному кінці) або дугами (лініями, звичайно викривленими, без стрілок-показників або зі стрілками на обидвох кінцях). Діаграми шляхів служать інструментом для вказівки, які змінні викликають зміни в інших змінних.

Такі діаграми встановлюють просте взаємо-однозначне відображення, що зберігає структуру моделі, і називається ізоморфізмом. Всі змінні в системі рівнянь розміщуються на діаграмі в прямокутниках або колах. Кожне рівняння відображається на діаграмі в такий спосіб: всі незалежні змінні (змінні в правій частині рівняння) мають стрілки, що вказують на залежні змінні. Вагові коефіцієнти проставляються поблизу від відповідних стрілок.

Явні змінні (тобто, змінні, які можна виміряти безпосередньо) на діаграмах зображуються всередині прямокутників. Латентні змінні (тобто, які не можна безпосередньо виміряти, як, наприклад, фактори у факторному аналізі, або залишки в регресійному) зображуються всередині кіл чи овалів.

Хоча діаграми шляхів можуть використовуватися для відображення причинних зв'язків у наборі змінних, вони не припускають реальної наявності таких зв'язків. Діаграми шляхів часто використовуються для простого й ізоморфного подання системи лінійних рівнянь. Тому, вони можуть виражати лінійні зв'язки поза залежністю від того, чи є насправді описані причинні зв'язки.

Як уже зазначалося вище, змінні можуть бути пов'язані нелінійно. Можливий і лінійний зв'язок, що не залежить від того, що ми вибрали як причину в моделі. Причинне моделювання дозволяє досліджувати тільки те, наскільки дані відрізняються від відповідних висновків причинної моделі (а саме від передбачуваної коваріаційної структури). Якщо система лінійних рівнянь, що відповідає діаграмі шляхів, добре узгоджується з даними, це дозволяє залишити модель для подальшого аналізу або використання, але не доводить її істинність.

Шляхові діаграми описані мовою *PATH1* доступні для комп'ютерного аналізу в програмі STATISTICA. Існують прості правила, що задають відповідність між поданням моделі за допомогою діаграми й поданням за допомогою мови *PATH1*.

1. Кожна стрілка або дуга представляється в окремому рядку, а пробіли ігноруються.
2. Імена явних змінних представляються повним ім'ям, вкладеним у квадратні дужки.
3. Ім'я [CONSTANT] резервується для позначення змінної з дисперсією 0 і середнім 1.
4. Імена прихованих (латентних) змінних записуються в круглих дужках.
5. Прямі зв'язки (стрілки) представляються записом:

$$VNAME1 -\langle \#1 \rangle \{ \langle \#2 \rangle \} -> VNAME2,$$

де VNAME1 і VNAME2 – імена явних або прихованих змінних; <#1> – номер параметра, тобто ціле число між 1 і 30000, цей номер потрібний, якщо шлях має вільний параметр, що оцінюється системою; <#2> – початкове значення, з якого розпочинається наближення при оцінюванні вільного параметра.

6. Непрямі зв'язки (дуги) представляються у формі

$$VNAME1- \langle \#1 \rangle \{ \langle \#2 \rangle \} - VNAME2,$$

де елементи запису мають той же зміст, що в пункті 5.

7. Різні групи позначаються за допомогою пропозиції виду

$$GROUP \langle \# \rangle,$$

де <#> – кількість груп. Всі PATH файли розпочинаються із слова GROUP1. Групи повинні бути пронумеровані, починаючи з першої. Перед початком запису команд нової групи необхідно закінчити запис, що відноситься до попередньої групи, командою ENDGROUP – кінець групи.

8. Порожні рядки в командному файлі, а також будь-які рядки, що розпочинаються знаком *, розглядаються як коментарі. Кожний елемент діаграми шляхів має відповідний елемент у мові *PATH1*. Цю відповідність легко встановити, мова *PATH1* побудована максимально наближено до діаграм шляхів, так щоб, дивлячись на діаграму можна було писати програму мовою *PATH1*.

Написана мовою *PATH1* програма для моделі, представленої на рис. 3.7, подана в *Додатку Г*.

Використаний у цій роботі підхід до застосування SEM можна віднести до data mining (виявлення прихованих, неочевидних закономірностей у даних), оскільки на початку дослідження були відсутні чіткі апіорні гіпотези про структуру взаємозв'язків і вихідна модель була сформована на основі попередніх результатів застосування до вихідних даних більш традиційних методів аналізу, таких як кореляції, перевірка гіпотез за *t*-критерієм Стюдента та множинна регресія. Потім згенерована SEM-модель багаторазово перевірялася при тих же

вихідних даних з покроковим уточненням, поки не були досягнуті три її важливі властивості: теоретична обґрунтованість, лаконічність та прийнятна адекватність вихідним даним.

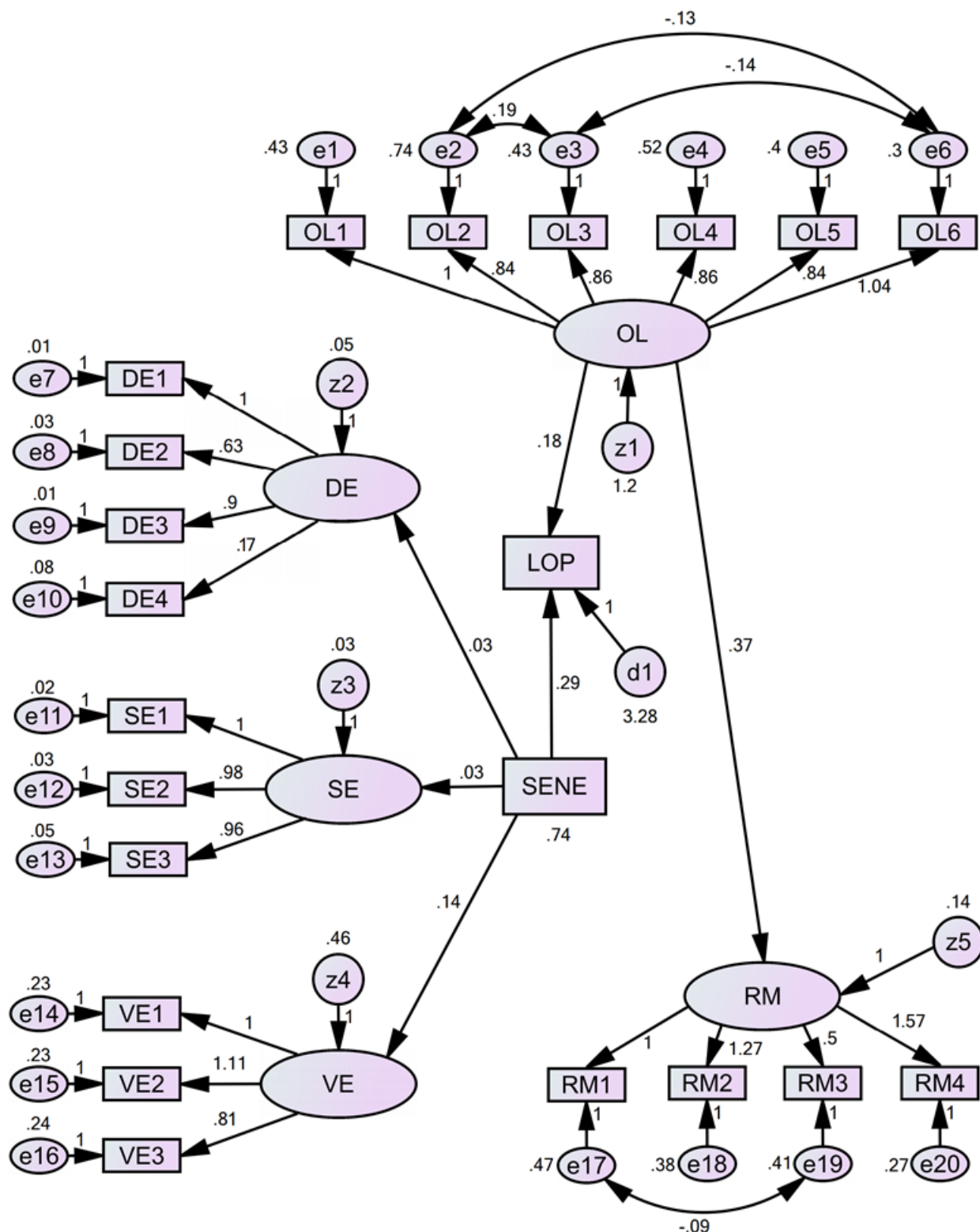


Рис. 3.7. SEM-модель впливу використання ІТ-технологій та розміру підприємства на рівень загальної рентабельності його діяльності

Умовні позначення змінних використані у цій моделі відповідають шкалам розробленим і обґрунтованим у підрозділі 2.3. Позначення двох явних змінних SENE та LOP відповідно означають – розмір підприємства за кількістю працюючих (the Size of an Enterprise by the Number of Employees – SENE) та рівень загальної рентабельності (the Level of Overall Profitability – LOP). Буквами e, z та d позначені вільні члени у відповідних лінійних рівняннях змінних різних рівнів.

Для аналізу було використано коваріаційну матрицю вихідних змінних.

Для оцінки SEM-моделі як функція неузгодженості (Discrepancy Function), яка мінімізується в процесі оцінювання параметрів моделі, вибрано спеціальний метод оцінювання (Method of Estimation), реалізований у програмному пакеті STATISTICA 10, GLS→ML, який виконує перших 5 ітерацій з використанням узагальненого методу найменших квадратів (Generalized Least Squares – GLS, а потім використовує оцінювання за методом максимуму правдоподібності (Maximum Likelihood – ML) Вішарта (Wishart). Що дозволило звести до мінімуму кількість необхідних ітерацій для отримання прийнятного результату (див. табл. 3.4) – знадобилося лише 5 ітерацій (максимальна кількість ітерацій не повинна перевищувати 1000).

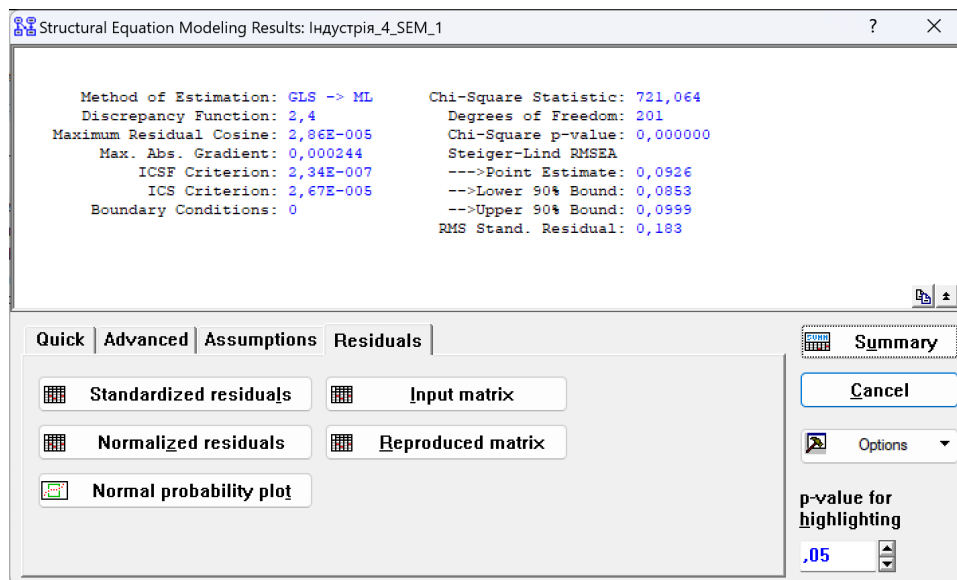


Рис. 3.8. Скріншот з результатами оцінювання версії SEM-моделі, представленаї вище на рис. 3.7

Таблиця 3.4

Дані щодо кількості і параметрів проведених ітерацій для отримання збіжності SEM-моделі представленої на рис. 3.7

Iteration History (Індустрія_4_SEM_1)									
	ITN	DISC	RCOS	LAMBDA	MAXCON	NRP	NRC	NAIC	STEP
1	0	5,983142	0,391545	1,000000	0,00	0	0	0	0,000000
2	1	2,786731	0,201155	1,000000	0,00	0	0	0	0,214190
3	2	2,414851	0,053344	1,000000	0,00	0	0	0	0,079188
4	3	2,395609	0,002617	1,000000	0,00	0	0	0	0,016199
5	4	2,395560	0,000157	1,000000	0,00	0	0	0	0,000923
6	5	2,395560	0,000029	1,000000	0,00	0	0	0	0,000116

Критерій збіжності (Convergence Criteria) максимум косинуса залишків (Maximum Residual Cosine) становить $2,86\text{E-}005$, що менше допустимого значення $0,0001$. Максимальна за модулем компонента градієнта (Maximum Absolute Gradient) дорівнює $0,000244$. Значення критеріїв ICSF та ICS, які характеризують відповідно стійкість SEM-моделі до множення на постійний множник масштабу та до змін масштабу, склали ICSF Criterion = $2,34\text{E-}007$ та ICS Criterion = $2,67\text{E-}005$. SEM-модель вважається стійкою, коли обидва ці критерії близькі до нуля.

Число обмежувальних нерівностей (Boundary Conditions), що використовуються при управлінні збіжністю моделі, дорівнює нулю. Це свідчить, що статистика χ^2 має правильний асимптотичний розподіл. Статистика $\chi^2 = 721,064$ за 201 ступені вільності. Як індекс придатності моделі можна використовувати відношення статистики хі-квадрат до ступенів вільності (χ^2/df – the ratio of chi-square statistics to degrees of freedom) $\chi^2/df = 721,064/201 = 3,59$, що не виходить за межі допустимих значень ($\chi^2/df < 5,0$) [131] і свідчить про щільне прилягання моделі.

Індекс RMS Standardized Residual = $0,183$. Root Mean Square Standardized Residual показує якість припасування моделі і при його значенні менше $0,05$

вважається, що припасування дуже хороше, більше 0,1 – модель не зовсім адекватно описує вихідні дані (у нашому випадку адекватність дорівнює 82%).

Розраховані t -статистики значень оцінок параметрів регресійної моделі, що пов'язують її фактори між собою, вказані на рис. 3.9, мають p -рівень значимості здебільшого менше $p < 0,05$.

	Model Estimates (Індустрія 4_SEM_1)			
	Parameter Estimate	Standard Error	T Statistic	Prob. Level
(DELTA1)->[LOP]				
(DELTA1)-1-(DELTA1)	3,277	0,267	12,260	0,000
(SENE)-2-(SENE)	0,739	0,060	12,268	0,000
(OL)->[OL1]				
(OL)-3->[OL2]	0,838	0,057	14,588	0,000
(OL)-4->[OL3]	0,857	0,049	17,557	0,000
(OL)-5->[OL4]	0,857	0,050	17,274	0,000
(OL)-6->[OL5]	0,835	0,045	18,439	0,000
(OL)-7->[OL6]	1,040	0,050	20,978	0,000
(DE)->[DE1]				
(DE)-8->[DE2]	0,633	0,047	13,464	0,000
(DE)-9->[DE3]	0,902	0,043	21,117	0,000
(DE)-10->[DE4]	0,168	0,075	2,223	0,026
(SE)->[SE1]				
(SE)-11->[SE2]	0,980	0,127	7,728	0,000
(SE)-12->[SE3]	0,960	0,126	7,621	0,000
(VE)->[VE1]				
(VE)-13->[VE2]	1,110	0,080	13,912	0,000
(VE)-14->[VE3]	0,810	0,062	13,073	0,000
(RM)->[RM1]				
(RM)-15->[RM2]	1,268	0,124	10,190	0,000
(RM)-16->[RM3]	0,496	0,090	5,525	0,000
(RM)-17->[RM4]	1,571	0,145	10,858	0,000
(EPSILON1)->[OL1]				
(EPSILON2)->[OL2]				
(EPSILON3)->[OL3]				
(EPSILON4)->[OL4]				
(EPSILON5)->[OL5]				
(EPSILON6)->[OL6]				
(EPSILON7)->[DE1]				
(EPSILON8)->[DE2]				
(EPSILON9)->[DE3]				
(EPSILON10)->[DE4]				
(EPSILON11)->[SE1]				
(EPSILON12)->[SE2]				
(EPSILON13)->[SE3]				
(EPSILON14)->[VE1]				
(EPSILON15)->[VE2]				
(EPSILON16)->[VE3]				
(EPSILON17)->[RM1]				
(EPSILON18)->[RM2]				
(EPSILON19)->[RM3]				
(EPSILON20)->[RM4]				
(EPSILON1)-18-(EPSILON1)	0,425	0,042	10,041	0,000
(EPSILON2)-19-(EPSILON2)	0,738	0,070	10,601	0,000
(EPSILON3)-20-(EPSILON3)	0,431	0,045	9,535	0,000
(EPSILON4)-21-(EPSILON4)	0,522	0,047	11,042	0,000
(EPSILON5)-22-(EPSILON5)	0,397	0,037	10,692	0,000
(EPSILON6)-23-(EPSILON6)	0,298	0,040	7,539	0,000
(EPSILON7)-24-(EPSILON7)	0,005	0,002	2,718	0,007
(EPSILON8)-25-(EPSILON8)	0,025	0,002	11,579	0,000
(EPSILON9)-26-(EPSILON9)	0,008	0,002	5,073	0,000
(EPSILON10)-27-(EPSILON10)	0,078	0,006	12,254	0,000
(EPSILON11)-28-(EPSILON11)	0,023	0,004	5,931	0,000
(EPSILON12)-29-(EPSILON12)	0,033	0,004	7,760	0,000
(EPSILON13)-30-(EPSILON13)	0,046	0,005	9,313	0,000
(EPSILON14)-31-(EPSILON14)	0,233	0,032	7,311	0,000
(EPSILON15)-32-(EPSILON15)	0,232	0,037	6,322	0,000
(EPSILON16)-33-(EPSILON16)	0,244	0,026	9,359	0,000
(EPSILON17)-34-(EPSILON17)	0,467	0,043	10,813	0,000
(EPSILON18)-35-(EPSILON18)	0,380	0,040	9,464	0,000
(EPSILON19)-36-(EPSILON19)	0,408	0,034	11,836	0,000
(EPSILON20)-37-(EPSILON20)	0,273	0,042	6,439	0,000
(ZETA1)->[OL]				
(ZETA2)->[DE]				
(ZETA3)->[SE]				
(ZETA4)->[VE]				
(ZETA5)->[RM]				
(ZETA1)-38-(ZETA1)	1,204	0,130	9,228	0,000
(ZETA2)-39-(ZETA2)	0,048	0,005	10,361	0,000
(ZETA3)-40-(ZETA3)	0,029	0,005	5,729	0,000
(ZETA4)-41-(ZETA4)	0,463	0,059	7,885	0,000
(ZETA5)-42-(ZETA5)	0,138	0,027	5,176	0,000
(SENE)-43->[DE]	0,031	0,015	2,079	0,038
(SENE)-44->[SE]	0,028	0,014	2,096	0,036
(SENE)-45->[VE]	0,137	0,050	2,742	0,006
(OL)-46->[RM]	0,370	0,039	9,469	0,000
(OL)-47->[LOP]	0,179	0,098	1,831	0,067
(SENE)-48->[LOP]	0,291	0,121	2,398	0,016
(EPSILON2)-49-(EPSILON3)	0,190	0,044	4,350	0,000
(EPSILON2)-50-(EPSILON6)	-0,126	0,037	-3,392	0,001
(EPSILON3)-51-(EPSILON6)	-0,139	0,030	-4,596	0,000
(EPSILON17)-52-(EPSILON19)	-0,091	0,028	-3,294	0,001

Рис. 3.9. Розраховані t -статистики значень оцінок параметрів SEM-моделі

Індекси нецентральності (Noncentrality Fit Indices), що показують ступінь адекватності моделі на основі оцінки параметра нецентральності статистики χ^2 для побудованої моделі становлять (див. табл. 3.5): індекс Стінгера-Лінда (Steiger-Lind RMSEA Index) – нижня і верхня межі 90% довірчого інтервалу відповідно 0,0853 і 0,0999 при точковій оцінці 0,0926 (значення цього індексу в межах 0,05-0,08 свідчить про хороше припасування моделі); індекс нецентральності гама (Population Gamma Index) – нижня та верхня межі 90% довірчого інтервалу відповідно 0,846 та 0,883 при точковій оцінці 0,865; скоригований гамма-індекс (Adjusted Population Gamma Index) – нижня і верхня межі 90% довірчого інтервалу відповідно 0,806 і 0,852 при точковій оцінці 0,83 (значення цих гамма-індексів більше ніж 0,95 свідчить про хороше припасування моделі). Виходячи зі значень цих індексів можна стверджувати про частково прийнятний рівень припасування моделі.

Таблиця 3.5

Індекси нецентральності SEM-моделі розраховані на основі оцінки параметра нецентральності статистики χ^2

	Noncentrality Fit Indices (Індустрія_4_SEM_1)		
	Lower 90% Conf. Bound	Point Estimate	Upper 90% Conf. Bound
Population Noncentrality Parameter	1,463	1,722	2,007
Steiger-Lind RMSEA Index	0,085	0,093	0,100
McDonald Noncentrality Index	0,367	0,423	0,481
Population Gamma Index	0,846	0,865	0,883
Adjusted Population Gamma Index	0,806	0,830	0,852

Більшість процедур модуля SEPATH, що реалізує побудову моделі структурними рівняннями в пакеті STATISTICA 10 працює на припущенні нормальності вибірки. Відповідно обчислені характеристики багатовимірною ексцесу (див. табл. 3.6), такі як коефіцієнт Каппа-Мардія (Mardia-Based Kappa = 0,815), середній масштабований одномірний ексцес (Mean Scaled Univariate Kurtosis = 1,411) і уточнений середній масштабований одномірний ексцес (Adjusted Mean Scaled Univariate Kurtosis = 1,46) свідчать про нормальність

вибірки вихідних даних. Значення Mardia-Based Kappa, Mean Scaled Univariate Kurtosis та Adjusted Mean Scaled Univariate Kurtosis не повинні бути меншими за наступну нижню межу (Bentler, P.M. (1985). Theory and Implementation of EQS: A Structural Equations Program. Manual for Program Version 2.0. Los Angeles: BMDP Statistical Software.): $-2/(P+2)$, де P – кількість явних змінних моделі, у нашому випадку 22, відповідно $-2/(22+2) = -0,083$.

Таблиця 3.6

Характеристики багатовимірного ексцесу SEM-моделі

	Measures of Multivariate Kurtosis (Індустрія_4_SEM_1)	
	Value	
Mardia Coefficient of Multivariate Kurtosis	430,155	
Normalized Multivariate Kurtosis	115,018	
Mardia-Based Kappa	0,815	
Mean Scaled Univariate Kurtosis	1,411	
Adjusted Mean Scaled Univariate Kurtosis	1,460	
Relative Multivariate Kurtosis	1,815	

Тобто умови нормальності вихідних даних дотримано і методи оцінки узагальнених найменших квадратів GLS і максимуму правдоподібності ML за замовчуванням підходять для їх обробки.

Однією із ознак адекватності моделі є також відповідність закону розподілу її залишків нормальному закону, тобто чим щільніше розташовуються точки на прямій (див. рис. 3.10), тим більше закон розподілу залишків моделі відповідає нормальному закону.

Підіб'ємо підсумок дослідження адекватності побудованої моделі. Ітераційний процес зійшовся успішно всього за 5 ітерацій, значення ICSF Criterion та ICS Criterion близькі до нуля, значення функції неузгодженості (Discrepancy Function = 2,4) мале, значення максимуму косинуса залишків (Maximum Residual Cosine) близьке до нуля. Число обмежувальних нерівностей (Boundary Conditions) дорівнює нулю. Точкова оцінка індексу Стінгера-Лінда Steig-Lind RMSEA Index = 0,0926 незначно перевищує значення верхньої межі прийнятного діапазону 0,05-0,08. Усі перелічені чинники, включаючи вигляд

нормального імовірнісного графіка (рис. 3.10), свідчать про адекватність побудованої моделі.

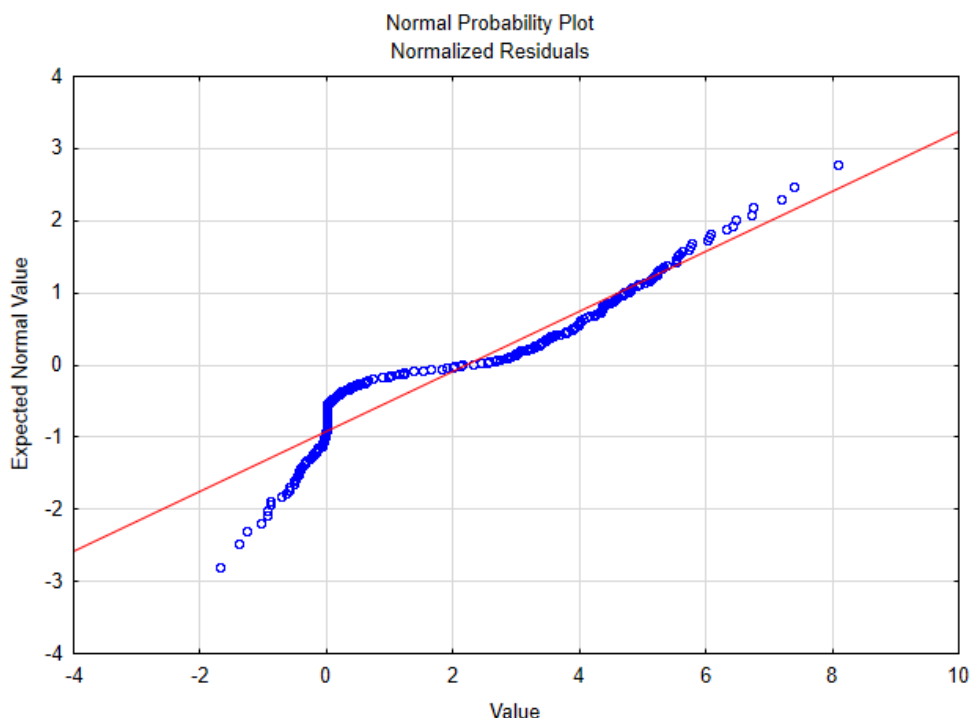


Рис. 3.10. Нормальний ймовірнісний графік нормалізованих залишків SEM-моделі

Тим не менш, індекс $\text{RMS Standardized Residual} = 0,183$ трохи перевищує верхню межу адекватності 0,1, індекси нецентральності (Noncentrality Fit Indices) статистики χ^2 для побудованої моделі також трохи відрізняються від своїх нормативних значень: точкові оцінки індексів нецентральності $\text{Population Gamma Index} = 0,865 < 0,95$ та $\text{Adjusted Population Gamma Index} = 0,83 < 0,95$ свідчать про дещо недостатній рівень адекватності моделі вихідним даним.

Таким чином, мабуть, буде вірним загальний підсумок аналізу – якість припасування даної моделі не є найвищою, оскільки частина критеріїв знаходиться на межі або трохи нижче їх нормативних значень. Але враховуючи велику кількість змінних, включених у модель, побудовану SEM-модель все ж таки доцільно використовувати для практичного вивчення механізму впливу використання ІТ-технологій та розміру підприємства на рівень загальної рентабельності його діяльності.

Зауваження. Слід розуміти, що не варто очікувати ідеальної узгодженості моделі та даних – з кількох причин. Структурні моделі з лінійними залежностями є лише наближеннями реальних явищ. Реальні залежності здебільшого не лінійні. Тому справжні залежності між змінними, швидше за все, не є лінійними. Більше того, істинність багатьох статистичних припущень, накладених на перевірену модель, залишається під великим питанням. На практиці нас цікавить не те «Чи ідеально модель узгоджується з даними?», а «Чи узгоджується вона достатньо добре, щоб бути корисною для практичного використання та розумного пояснення структури даних, що досліджуються?».

3.3. Розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних та віртуальних підприємств в умовах застосування інструментарію Індустрії 4.0

Ефективність діяльності підприємств безпосередньо залежить від ефективності системи їх менеджменту. У даній роботі основна увага зосереджена на цифрових, розумних та віртуальних підприємствах, тобто підприємствах, які використовують у своїй діяльності інформаційні технології та програми. У попередньому пункті уже було обґрунтовано, що інвестування у підприємство через призму впровадження технологій Індустрії 4.0 є ефективним і, за умови правильного їх використання, позитивно впливають на рентабельність діяльності суб'єкта господарювання. Те, що керівництво підприємств будує модель бізнесу з використання ІТ вже говорить про те, що є усвідомлення практичної необхідності цього в умовах динамічного бізнес-середовища. В площині розвитку цього питання дуже важливим є напрям розвитку підприємства. Тобто мова йде про те, що особлива увага повинна приділятися стратегіям розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств, які позиціонують себе на шляху розвитку Індустрії 4.0.

Стратегія – це довготерміновий план дій, спрямований на досягнення мети підприємства, зокрема на забезпечення ефективної діяльності та формування конкурентних переваг. Вона визначає основні напрями розвитку суб'єкта господарювання, враховуючи внутрішні ресурси та зовнішні фактори впливу. Зважаючи усі вищезазначені передумови, сьогодні, в умовах розвитку Індустрії 4.0, все більшої актуальності набуває проблематика розроблення стратегій розвитку для розумних підприємств, що зумовлена швидким розвитком сучасних технологій та підвищеними вимогами до ефективності управління бізнесом. Розумні підприємства використовують новітні цифрові рішення, такі як штучний інтелект, Інтернет речей (ІоТ), великі дані та автоматизацію, для оптимізації внутрішніх процесів, підвищення продуктивності і створення інноваційних продуктів та послуг і в кінцевому результаті – підвищення ефективності діяльності. В умовах зростаючої конкуренції на глобальних ринках і швидких змін у запитах споживачів, впровадження стратегій розвитку стає критично важливим. Адже такі стратегії дозволяють підприємствам гнучко реагувати на зміни, швидко адаптуватися до нових викликів бізнес-середовища, зміцнювати конкурентні позиції та створювати нові можливості для зростання. Розробка ефективних стратегій допомагає компаніям більш раціонально використовувати ресурси, покращувати якість обслуговування клієнтів, оптимізувати бізнес-процеси та забезпечувати сталий розвиток у довгостроковій перспективі. Таким чином, сучасні підприємства, що прагнуть залишатися конкурентоспроможними, повинні активно розвивати свої стратегії з урахуванням технологічних змін та тенденцій ринку. Це дозволить їм не лише зберігати лідерські позиції, але й створювати інноваційні рішення, які відповідатимуть потребам ринку майбутнього.

Основні етапи формування стратегії розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств представлено на рис. 3.11 [40].

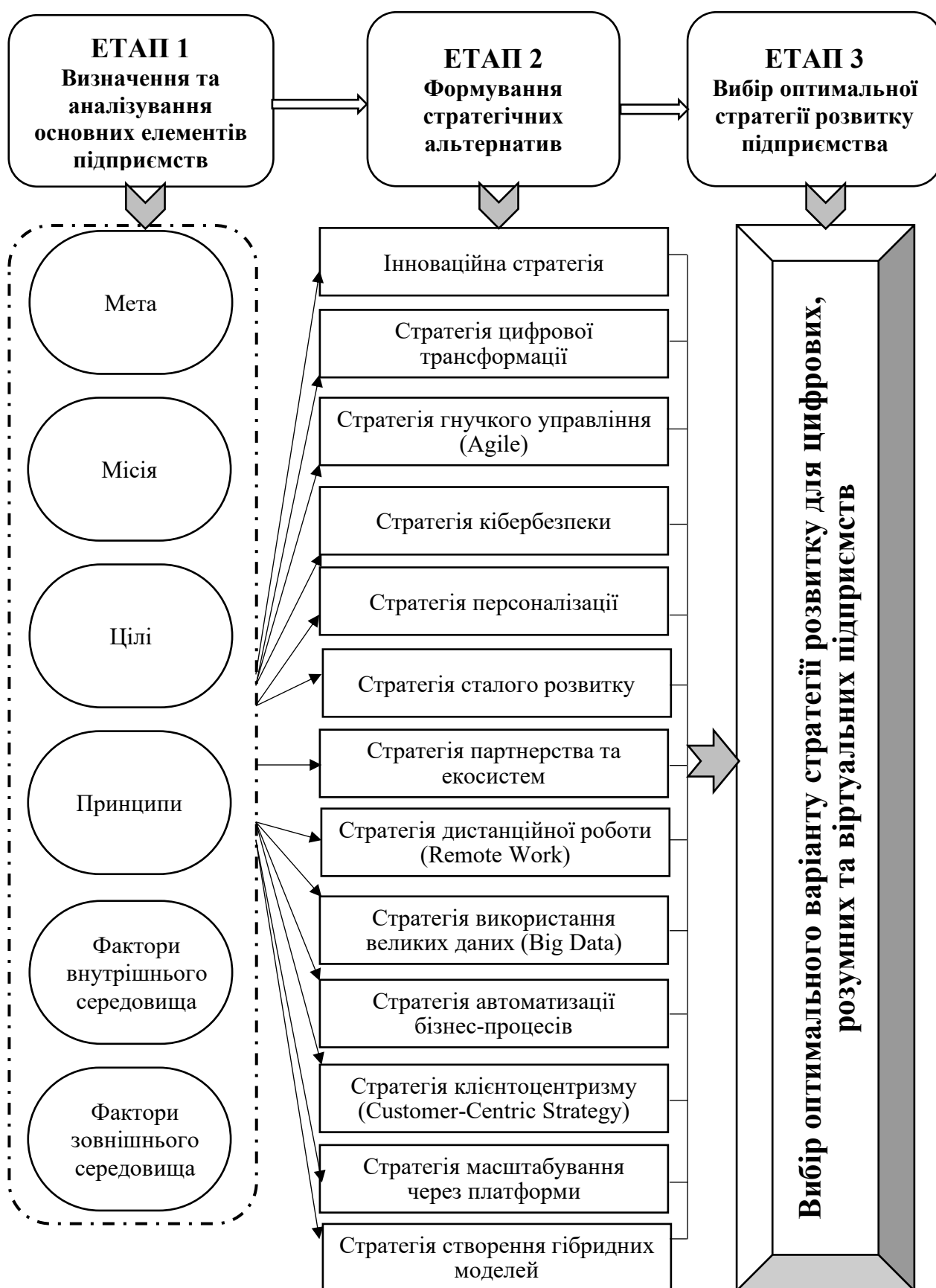


Рис. 3.11. Основні етапи формування стратегії розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств [40]

З рис. 3.11 видно, що на першому етапі формування стратегії розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств важливо визначити та проаналізувати основні елементи підприємства, його цінності, принципи. На цьому етапі також важливо виокремити потенціал підприємства, його сильні сторони, ресурси, якими воно володіє. При цьому потрібно виділити ключові проблеми та слабкі сторони. Саме на першому етапі необхідно враховувати вплив факторів зовнішнього середовища: науково-технічний розвиток, швидкі зміни в запитах споживачів, конкуренція і т. п.).

На другому етапі відбувається формування альтернативних стратегій розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств. При розробленні цих стратегічних варіантів дуже важливо враховувати всі особливості та характеристики, що розкрито на першому етапі. У першому розділі даної роботи було нами розкрито характерні особливості цифрових, розумних та віртуальних підприємств, відповідно до цього потрібно розглядати різні варіанти стратегій.

Наприклад, це можуть бути різні види стратегій розвитку:

1. *Інноваційна стратегія*. Цей вид стратегії передбачає активне впровадження нових технологій та інноваційних продуктів і рішень. Підприємства зосереджуються на створенні нових продуктів або послуг, які задовольняють майбутні потреби ринку. Прикладами можуть бути розробка штучного інтелекту, автоматизації або нових віртуальних платформ.
2. *Стратегія цифрової трансформації*. Ця стратегія передбачає перехід компанії на цифрові технології для покращення операційної ефективності, оптимізації процесів та автоматизації рутинних задач. Основні напрямки можуть включати впровадження великих даних (Big Data), хмарних обчислень, блокчейну та IoT для отримання переваг у масштабуванні і підвищенні продуктивності.
3. *Стратегія гнучкого управління (Agile)*. Гнучке управління стало особливо популярним серед цифрових і віртуальних підприємств. Ця стратегія базується на гнучких методах планування і управління проєктами, що

дозволяє компаніям швидко адаптуватися до змін на ринку та оперативно реагувати на нові виклики і можливості.

4. *Стратегія кібербезпеки.* Для цифрових і віртуальних підприємств захист інформаційних активів є критично важливим. Стратегія кібербезпеки полягає в розробці систем захисту від загроз, таких як кібератаки, втрати даних та порушення конфіденційності. Ця стратегія включає створення політик безпеки, інвестиції в захисні технології та навчання персоналу.
5. *Стратегія персоналізації.* Розумні підприємства активно використовують дані про споживачів для створення індивідуальних пропозицій, що підвищують лояльність клієнтів і збільшують продажі. Стратегія персоналізації базується на аналізі великих даних, штучному інтелекті та алгоритмах машинного навчання для надання персоналізованих продуктів або послуг.
6. *Стратегія сталого розвитку.* З урахуванням зростаючої важливості екологічної відповідальності, цифрові підприємства можуть впроваджувати стратегії сталого розвитку. Це передбачає використання екологічно чистих технологій, зменшення вуглецевого сліду і розробку продуктів з низьким споживанням ресурсів. Такі стратегії також можуть вплинути на лояльність клієнтів і регуляторну підтримку.
7. *Стратегія партнерства та екосистем.* Цифрові та віртуальні підприємства можуть розвиватися шляхом створення стратегічних альянсів і партнерств з іншими компаніями, науковими установами та стартапами. Це дозволяє обмінюватися технологіями, ресурсами та знаннями, створюючи екосистему, що підтримує швидке впровадження інновацій.
8. *Стратегія дистанційної роботи (Remote Work).* Оскільки віртуальні підприємства часто не мають фізичного офісу, стратегія розвитку може фокусуватися на підтримці дистанційної роботи та створенні ефективної інфраструктури для взаємодії працівників, управління проєктами та забезпечення безпеки віддалених даних.

9. *Стратегія використання великих даних (Big Data).* У цифрових і розумних підприємствах великі обсяги даних відіграють важливу роль у прийнятті рішень та оптимізації бізнес-процесів. Стратегія розвитку на основі Big Data включає збір, аналіз і використання даних для прогнозування ринкових тенденцій, покращення обслуговування клієнтів та розробки персоналізованих продуктів. Важливою складовою цієї стратегії є інтеграція інструментів для обробки великих обсягів даних та навчання команди роботи з ними.
10. *Стратегія автоматизації бізнес-процесів.* Автоматизація дозволяє цифровим підприємствам значно підвищити ефективність роботи, зменшити людські помилки і знизити витрати. Стратегія автоматизації включає впровадження таких технологій, як роботизовані процеси автоматизації (RPA), штучний інтелект та машинне навчання для виконання рутинних операцій. Це дозволяє зосередитися на стратегічних завданнях і інноваціях, водночас покращуючи швидкість і якість роботи.
11. *Стратегія клієнтоцентризму (Customer-Centric Strategy).* У цифрових і віртуальних підприємствах особливий акцент робиться на взаємодії з клієнтами. Стратегія клієнтоцентризму фокусується на розробці продуктів і послуг, які максимально відповідають потребам споживачів. Використання даних клієнтів, CRM-систем, чат-ботів та інших інструментів дозволяє створювати кращий клієнтський досвід і підвищувати рівень задоволеності.
12. *Стратегія масштабування через платформи.* Цифрові підприємства можуть використовувати стратегію створення або участі у платформах, які об'єднують постачальників і споживачів, або інші бізнеси. Наприклад, віртуальні підприємства можуть створювати онлайн-платформи для надання послуг, продажу продуктів або обміну ресурсами. Ця стратегія дозволяє швидко масштабувати бізнес, не обмежуючись фізичними ресурсами.
13. *Стратегія створення гібридних моделей.* Гібридна стратегія включає поєднання традиційних і цифрових методів ведення бізнесу. Наприклад,

підприємство може мати як фізичну присутність, так і сильний цифровий компонент для залучення клієнтів через онлайн-канали. Це забезпечує гнучкість і адаптивність до змін у споживчих звичках, оскільки підприємство може легко перемикатися між офлайн і онлайн-форматами.

14. *Стратегія інтеграції блокчейну.* Для розумних і цифрових підприємств блокчейн пропонує нові можливості для забезпечення прозорості, безпеки та автоматизації транзакцій. Стратегія інтеграції блокчейну передбачає використання децентралізованих технологій для збереження даних, управління ланцюгом постачання, цифрових контрактів (смарт-контрактів) і покращення кібербезпеки.
15. *Стратегія крос-функціональної співпраці.* Цифрові підприємства можуть виграти від стратегій, які стимулюють співпрацю між різними функціями та відділами компанії. Це може включати створення міждисциплінарних команд, де спеціалісти з різних областей працюють разом для створення інноваційних рішень. Такий підхід підвищує гнучкість, сприяє швидкому вирішенню проблем і поліпшує координацію в межах організації.

Кожен із цих типів стратегій може бути адаптований залежно від специфіки підприємства, його цілей та ринку, на якому воно працює. Ці стратегії можуть комбінуватися залежно від цілей і контексту розвитку підприємства, забезпечуючи його ефективну діяльність у цифровій економіці.

Сформувавши перелік альтернативних напрямів розвитку підприємства, відбувається перехід на третій етап, де вже безпосередньо здійснюється вибір оптимального варіанту стратегії розвитку підприємства, яка найбільше відповідатиме основним елементам, наповнення яких було сформовано на першому етапі.

Результати проведеного SEM-моделювання впливу використання ІТ-технологій та розміру підприємства на рівень загальної рентабельності його діяльності (див. п. 3.2.) показали силу зв'язку латентних змінних (IT orientation level – OL; Digital enterprise – DE; Smart enterprise – SE; Virtual enterprise – VE;

Readiness of Management and IT Infrastructure – RM) та явних змінних (the Size of an Enterprise by the Number of Employees – SENE; the Level of Overall Profitability – LOP та всі елементи шкал). На основі рис. 3.7, на якому представлена SEM-модель впливу використання ІТ-технологій та розміру підприємства на рівень загальної рентабельності його діяльності, побудовано наступні рівняння:

$$VE1 = 1 \cdot VE + 0,23$$

$$VE2 = 1,11 \cdot VE + 0,23$$

$$VE3 = 0,81 \cdot VE + 0,24$$

$$VE = 0,14 \cdot SENE + 0,46$$

$$SE1 = 1 \cdot SE + 0,2$$

$$SE2 = 0,98 \cdot SE + 0,3$$

$$SE3 = 0,96 \cdot SE + 0,5$$

$$SE = 0,03 \cdot SENE + 0,03$$

$$DE1 = 1 \cdot DE + 0,01$$

$$DE2 = 0,63 \cdot DE + 0,03$$

$$DE3 = 0,9 \cdot DE + 0,01$$

$$DE4 = 0,17 \cdot DE + 0,08$$

$$DE = 0,03 \cdot SENE + 0,05$$

З наведених вище рівнянь видно, що коефіцієнти регресії розумних (Smart enterprise – SE) та цифрових підприємств (Digital enterprise – DE) для розміру підприємства за кількістю працівників (SENE) мають величину 0,03. Це вказує на менший вплив розміру підприємства на рівень загальної рентабельності для цифрових і розумних підприємств. А коефіцієнт регресії для віртуальних підприємств (Virtual enterprise – VE) становить 0,14. Тобто для розробки стратегій розвитку розмір підприємства слід враховувати саме для віртуальних підприємств. Які увійшли у розроблену авторами шкалу 4. Отож, найбільше

впливає на віртуальні підприємства (коефіцієнт регресії = 1,1) впровадження у компанії системи CRM, оскільки забезпечує ефективне управління клієнтськими даними, оптимізує комунікації та підвищує рівень обслуговування клієнтів. З коефіцієнтом регресії 1,1 це свідчить про суттєвий позитивний вплив на операційну ефективність і здатність підприємства залучати й утримувати клієнтів. На практиці це означає зростання конкурентоспроможності завдяки автоматизації бізнес-процесів, персоналізації послуг і поліпшенню взаємодії зі споживачами.

Не менш вагомий вплив на віртуальні підприємства має використовується підприємством система ERP (коефіцієнт регресії = 1). Система ERP (Enterprise Resource Planning) забезпечує інтеграцію всіх ключових бізнес-процесів підприємства, що дозволяє оптимізувати операції, скоротити витрати та покращити управління ресурсами. Для віртуальних підприємств, які часто працюють у динамічному середовищі з високою залежністю від цифрових рішень, ERP стає ключовим інструментом для забезпечення ефективності та прозорості. Практично це означає, що завдяки ERP системі підприємства може швидко реагувати на зміни ринку, ефективно координувати діяльність різних підрозділів і приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Трішки менший вплив на віртуальні підприємства має запровадження у компанії систем SCM (коефіцієнт регресії = 0,81). Запровадження системи управління ланцюгами постачання (SCM) суттєво впливає на ефективність віртуальних підприємств, оскільки дозволяє оптимізувати логістичні та операційні процеси, підвищуючи швидкість і точність взаємодії між учасниками. Коефіцієнт регресії 0,81 свідчить про сильний позитивний зв'язок між впровадженням SCM і результативністю таких підприємств, підкреслюючи її стратегічну важливість. На практиці це означає, що компанії зможуть краще управляти ресурсами, зменшувати витрати та підвищувати конкурентоспроможність у цифровому середовищі.

Аналогічно описуються інші рівняння. Відзначимо, що на розумні підприємства – сила впливу різних систем є практично однаковою, зокрема: найбільший вплив має синхронне планування виробничого процесу – APS (коефіцієнт регресії = 1). Важливим також є застосування у діяльності підприємства системи MES (коефіцієнт регресії = 0,98) та практично такий же вплив має використання компанією промислового інтернету речей ІоТ (коефіцієнт регресії = 0,96).

Для Smart-підприємств впровадження систем APS, MES та ІоТ є ключовими для оптимізації виробничих процесів та забезпечення високої продуктивності. Адже, *APS (Advanced Planning and Scheduling)* дозволяє здійснювати синхронне планування виробничих процесів, що забезпечує оптимальне використання ресурсів, зменшення простоїв та швидку адаптацію до змін у попиті. Коефіцієнт регресії = 1 свідчить про критичну важливість цієї системи для досягнення гнучкості та ефективності.

MES (Manufacturing Execution Systems) забезпечують моніторинг та контроль виробничих процесів у реальному часі, допомагаючи ідентифікувати слабкі місця та оперативно реагувати на відхилення. Високий коефіцієнт регресії (0,98) підкреслює її значення для підвищення якості продукції та скорочення втрат.

ІоТ (Industrial Internet of Things) інтегрує всі виробничі елементи у єдину цифрову мережу, що дозволяє здійснювати точний збір, аналіз і обмін даними. Такий же коефіцієнт регресії (0,96) вказує на вагомий вплив цієї технології для підвищення прозорості, автоматизації та інноваційності.

Всі ці системи в комплексі формують основу Smart-підприємства, дозволяючи йому залишатися конкурентоспроможним, ефективним та інноваційним у динамічному середовищі.

На цифрові підприємства (Digital enterprise – DE) найбільший вплив мають використання у господарській діяльності САПР (коефіцієнт регресії = 1) та використання компанією у її діяльності PLM (коефіцієнт регресії = 0,9).

Найменший вплив має використання на підприємстві повністю автоматизованих виробничих ліній (коефіцієнт регресії = 0,17).

Для цифрових підприємств (Digital Enterprise) системи САПР (CAD), PLM і повністю автоматизовані виробничі лінії відіграють різну, але важливу роль у забезпеченні їхньої ефективності та інноваційності. САПР (CAD) є ключовим інструментом для створення та моделювання нових продуктів, дозволяючи компаніям пришвидшувати розробку, знижувати витрати та підвищувати якість кінцевих виробів, що підкреслюється коефіцієнтом регресії = 1. PLM (управління життєвим циклом продукту) забезпечує інтеграцію всіх процесів, пов'язаних із розробкою, виробництвом і підтримкою продукту, сприяючи ефективності управління даними та процесами на всіх етапах життєвого циклу, також маючи максимальний вплив (коефіцієнт регресії = 0,9). Хоча повністю автоматизовані виробничі лінії мають найменший вплив (коефіцієнт регресії = 0,17), вони є важливим елементом підвищення продуктивності та забезпечення безперервного виробництва з мінімізацією людського втручання. Усі ці системи у взаємодії забезпечують синергію, необхідну для реалізації стратегій цифровізації та підтримання високої конкурентоспроможності підприємства.

Отож, результати SEM моделі показали силу впливу різних інструментів на різні види розумних підприємств, що є орієнтиром для розроблення матриці стратегічних альтернатив цифрового розвитку підприємств та формування системи менеджменту різних категорій «розумних підприємств» (табл. 3.7).

Ця матриця дозволяє підприємствам вибрати відповідну стратегію розвитку, враховуючи технологічні можливості, потреби ринку та ресурсну базу і таким чином підтримувати їх конкурентоспроможність в умовах Індустрії 4.0.

Проте, варто відзначити, що це далеко не повний перелік стратегічних альтернатив, адже ми розглядаємо стратегії розвитку, проте і розвиток може мати різні напрями, наприклад: адаптивний, інноваційний і т. п. Це означає, що і інструменти, технологічний базис, також матиме свої особливості, як і сфера діяльності підприємства та його розмір.

Таблиця 3.7

Матриця стратегічних альтернатив для цифрових, розумних і віртуальних підприємств

Цифрові підприємства Вплив розміру підприємства незначний (коефіцієнт регресії = 0,03), тому основний акцент слід робити на технологічній інтеграції	Розумні підприємства Вплив розміру є незначним (коефіцієнт регресії = 0,03), тому стратегія фокусується на функціональних удосконаленнях	Віртуальні підприємства Найбільший вплив розміру (коефіцієнт регресії = 0,14), тому стратегічні напрями доцільно розробити окремо для малих, середніх та великих підприємств		
		малі	середні	великі
Діджиталізація процесів: упровадження та масштабування САПР (CAD) та PLM для створення ефективного середовища управління продуктами	Синхронне планування: впровадження APS для оптимізації виробничих процесів та адаптації до змін у попиті.	Фокус на CRM: впровадження CRM-систем для ефективного управління клієнтською базою, персоналізації послуг та побудови лояльності клієнтів.	ERP-системи: інтеграція ERP для оптимізації операційних процесів і забезпечення єдиної бази даних для всіх підрозділів	Система SCM: використання SCM для управління складними ланцюгами постачання та підвищення ефективності логістики.
Автоматизація окремих операцій: розвиток автоматизованих виробничих ліній як довгострокова стратегія для підвищення продуктивності.	Управління виробництвом: використання MES для контролю та аналізу в реальному часі для покращення якості та зменшення втрат.	Хмарні рішення: використання доступних хмарних платформ для зменшення витрат та підвищення гнучкості.	Гібридні структури: поєднання традиційних і віртуальних бізнес-моделей для розширення ринкових можливостей.	Глобалізація: створення розподілених команд і взаємодія з міжнародними клієнтами та партнерами через цифрові платформи
Екосистемний підхід: інтеграція з партнерами через цифрові платформи для обміну даними та оптимізації ланцюгів постачання.	Інтернет речей: інтеграція IoT для підвищення прозорості процесів і автоматизації прийняття рішень.	Партнерські мережі: створення альянсів із середніми та великими підприємствами для доступу до спільних ресурсів і ринків.	Розширення клієнтської бази: за допомогою аналізу даних CRM виявлення нових ринкових ніш	Інвестиції в інновації: постійне оновлення технологій і впровадження передових цифрових рішень для утримання лідерства.

* авторська розробка

Розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних та віртуальних підприємств в умовах розвитку Індустрії 4.0 є актуальною темою на тлі швидкого поширення технологій і глобалізації бізнес-середовища. Сучасні підприємства зустрічаються з необхідністю адаптуватися до нових викликів, зумовлених впровадженням штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) і великих даних і автоматизації. У контексті Індустрії 4.0 стратегічний розвиток підприємств вимагає комплексного підходу, що включає інноваційні рішення для підвищення продуктивності, гнучкості та стійкості до змін. Цифрові, розумні та віртуальні підприємства мають будувати свої стратегії з урахуванням можливостей цифрової трансформації, що дозволяє автоматизувати процеси, покращити аналіз даних і вдосконалити управління ресурсами. Успішна стратегія повинна включати розробку партнерських екосистем і заходи для забезпечення кібербезпеки, що є критично важливим в умовах цифрової економіки.

Таким чином, розроблення стратегій розвитку для цифрових, розумних і віртуальних підприємств є вирішальним фактором для досягнення успіху в умовах Індустрії 4.0. Стратегії, орієнтовані на інтеграцію новітніх технологій та гнучке управління, забезпечують підприємствам можливості для довгострокового зростання на глобальному ринку.

У контексті технологічної революції 4.0 для керівників компаній стало необхідним створити стратегію цифрової адаптації [129], використовувати технологічні інновації для впровадження надійних і стійких стратегій [67,114,150] і спробувати повернутися до нової нормальності [89, 116]. Діяльність компаній активізувала віддалену роботу та використання приватних пристроїв, цифрових інструментів, програмного забезпечення ІКТ та онлайн-платформ для роботи, що відображає глибокі зміни в бізнес-процесах і моделях і демонструє, що співробітники стали краще інтегровані в цифрове середовище [111].

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

1. Розроблено алгоритм переходу підприємства від традиційного до розумного (цифрового чи віртуального), який передбачає логічну послідовність етапів. Застосування цього алгоритму на практиці допоможе керівникам підприємств визначити логічну послідовність дій, необхідних для цифрової трансформації. Це дозволяє уникнути хаотичних або неефективних рішень та сфокусуватися на ключових етапах розвитку. Розроблений алгоритм стане основою для системного, зваженого та ефективного впровадження змін, сприяючи цифровізації бізнесу, підвищенню його ефективності та відповідності сучасним тенденціям.

2. Підтверджено гіпотезу дослідження та, при допомозі проведеного моделювання, доведено, що рівень використання ІТ-технологій вітчизняними підприємства впливає на рівень загальної рентабельності їх діяльності. Для цього розроблено SEM-модель впливу використання ІТ-технологій та розміру підприємства на рівень загальної рентабельності його діяльності. Результати побудованої моделі графічно відобразили сили зв'язку латентних змінних (IT orientation level – OL; Digital enterprise – DE; Smart enterprise – SE; Virtual enterprise – VE; Readiness of Management and IT Infrastructure – RM) та явних змінних (the Size of an Enterprise by the Number of Employees – SENE; the Level of Overall Profitability – LOP та всі елементи шкал). Результати SEM-моделювання є важливими для керівників підприємств, оскільки надають чітке розуміння того, як використання ІТ-технологій впливає на рентабельність діяльності залежно від розміру підприємства. Побудована модель дозволяє візуалізувати силу та напрямок взаємозв'язків між ключовими змінними, що допомагає визначити пріоритети для інвестицій у цифровізацію та розвиток ІТ-інфраструктури. Керівники можуть оцінити готовність управлінських та технічних систем до переходу на "розумний" або віртуальний рівень підприємства, щоб оптимізувати витрати та підвищити ефективність процесів. Отримані дані сприяють

обґрунтованому прийняттю рішень, орієнтованих на впровадження ІТ-технологій, що забезпечують стабільне зростання рентабельності. Таким чином, результати дослідження є цінним інструментом для стратегічного планування та впровадження цифрових трансформацій на підприємствах.

3. Розвинуто основні етапи формування стратегії розвитку цифрових, розумних та віртуальних підприємств, зокрема розглянуто різні види стратегій цифрового розвитку підприємств, які впливають із концептуальних основ самого підприємства: мети, місії, цілей, принципів, факторів впливу.

4. На основі результатів проведеного SEM моделювання, розроблено матрицю стратегічних альтернатив для цифрових, розумних і віртуальних підприємств. Ця матриця дозволяє підприємствам вибрати відповідну стратегію розвитку, враховуючи технологічні можливості, потреби ринку та ресурсну базу, і таким чином підтримувати їх конкурентоспроможність в умовах Індустрії 4.0. Розроблені стратегії мають практичну цінність для розвитку цифрових, розумних і віртуальних підприємств, оскільки є вирішальним фактором для досягнення успіху в умовах Індустрії 4.0. Запропоновані стратегії, орієнтовані на інтеграцію новітніх технологій та гнучке управління, забезпечують підприємствам можливості для довгострокового зростання та підвищення їхньої конкурентоспроможності на глобальному ринку.

Результати авторських напрацювань відображено у наукових публікаціях: *Шпак Н., Кісь С., 2024 (a); Шпак Н., Кісь С., 2024 (b); Мельник Д., Кісь С., Остащук Р., 2024.*

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено узагальнення теоретичних і практичних рекомендацій щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії. За результатами дослідження сформовано такі висновки:

1. Запропоновано авторське бачення терміну «розумне підприємство», що трактується, як підприємство, яке впроваджує цифрові технології, автоматизує бізнес-процеси та забезпечує інтеграцію штучного інтелекту й людино-кіберфізичних систем для досягнення високого рівня продуктивності, гнучкості та інноваційності. Таке трактування враховує сучасні виклики цифрової епохи та орієнтоване на формування нової парадигми ведення бізнесу, яка базується на використанні даних як стратегічного ресурсу.

2. Розроблено класифікацію типів «розумних підприємств» — цифрові, розумні та віртуальні, що дозволяє керівникам краще розуміти їх відмінності та обирати найбільш ефективні стратегії цифрової трансформації. Окрему увагу було приділено розвитку Індустрії 4.0, яка включає технології, такі як Інтернет речей, штучний інтелект, 3D-друк, хмарні сервіси та інші інструменти цифровізації, що є основою для формування «розумних підприємств». Це дає змогу диференціювати підходи до управління та інвестування залежно від ступеня технологічної зрілості підприємства й особливостей його функціонування у відповідному бізнес-середовищі.

3. Запропоновано шкали оцінювання рівня застосування ІТ-технологій на підприємствах. Це дозволило класифікувати підприємства на «цифрові», «розумні» та «віртуальні», а також оцінити готовність керівництва та ІТ-інфраструктури до впровадження інструментів Індустрії 4.0. Запропоновані шкали можуть використовуватися для подальшого моніторингу та оцінки стану цифровізації на вітчизняних підприємствах. Застосування таких шкал сприятиме

обґрунтованому прийняттю управлінських рішень та формуванню цифрових дорожніх карт на рівні окремих підприємств і галузей.

4. Розроблено алгоритму переходу підприємства від традиційного до «розумного» рівня, що охоплює логічну послідовність етапів цифрової трансформації. Цей алгоритм надає керівникам практичний інструмент для реалізації структурованих змін, сприяючи уникненню хаотичних рішень та зосередженню на ключових аспектах розвитку підприємства. Використання цього алгоритму дозволяє підвищити ефективність процесів, зменшити витрати та забезпечити конкурентоспроможність підприємств у сучасному динамічному середовищі. Запропонований алгоритм є універсальним інструментом адаптації для підприємств різних розмірів і галузей, що дозволяє послідовно впроваджувати зміни без суттєвих організаційних збоїв.

5. Доведено гіпотезу дослідження про те, що рівень застосування ІТ-технологій впливає на загальну рентабельність підприємств. Побудована SEM-модель наочно продемонструвала зв'язок між розміром підприємства, рівнем його цифровізації та показниками рентабельності. Візуалізація цих взаємозв'язків дозволяє керівникам підприємств приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій у цифрові технології та ІТ-інфраструктуру, що є ключовим чинником для забезпечення довгострокового розвитку та прибутковості.

6. Розроблено матрицю стратегічних альтернатив для цифрових, розумних та віртуальних підприємств. Ця матриця є важливим інструментом стратегічного планування, оскільки дозволяє підприємствам обрати оптимальну стратегію розвитку, враховуючи їхні технологічні можливості, ресурсну базу та ринкові умови. Запропоновані стратегії орієнтовані на інтеграцію сучасних технологій та гнучке управління, що дозволяє підприємствам зберігати конкурентоспроможність на глобальному ринку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоус-Сергеева С. Smart industry: innovations and challenges on the path to efficient production. SWorldJournal, 2023. 2(18-02), 121–131. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-057>
2. Вишневецький В.П., Князєв С.І. Смарт промисловість: перспективи і проблеми. Економіка України. 2017. № 7. С. 22–37.
3. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436-IV. URL.: <https://ips.ligazakon.net/document/T030436?an=2506>
4. Григорак М. Ю. Теоретичні положення інтелектуально-зорієнтованої логістики. Бізнес Інформ. 2015. № 2. С. 20–29.
5. Гринюк О. І. Цифрова трансформація суб'єктів господарювання у контексті концепції Industry 4.0: сучасні тенденції, бар'єри та ризики впровадження. Ефективна економіка. 2021. №5. DOI: 10.32702/2307-2105-2021.5.97
6. Гросул В., Шинкаренко І. Алгоритмічна модель формування адаптивної проактивної стратегії підприємства. Scientific Collection «InterConf+».2023. (40(183), 9–14. URL: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.12.2023.001>
7. Дашко І.М., Михайліченко Л.В. Вплив технологій штучного інтелекту на ефективність діяльності підприємств. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки». 2024. № 6. С. 41–47. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/economic2024/6/>
8. Диба М. Особливості інформаційної індустрії України в сучасних умовах. Економічний вісник університету. - 2013. - Вип. 20(1). - С. 12-15. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecvu_2013_20%281%29_4
9. Диба М.І., Гернего Ю.О. Виклики Індустрії 4.0 у контексті її становлення на глобальному і національному рівнях. Економіка України. 2020. № 6. С. 43—59. URL: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.06.043>

10. Дуляба Н.І. Виклики цифрової трансформації бізнес-структур в умовах розвитку 4D-індустрії. Проблеми сучасних трансформацій. 2025. №17 DOI: [10.54929/2786-5738-2025-17-03-04](https://doi.org/10.54929/2786-5738-2025-17-03-04)
11. Дуляба Н.І. Основні напрями технологічних трансформацій в 4D-індустрії. Одеса: Економічний журнал Одеського політехнічного університету. №1(31). 2025. DOI: [10.15276/EJ.01.2025.10](https://doi.org/10.15276/EJ.01.2025.10)
12. Завербний А.С., Сало К.Р. Проблеми та перспективи розвитку Індустрії 4.0 в Україні за умов євроінтегрування. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. № 2 (8), 22022. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/dec/29557/220972maket-378-386.pdf>
13. Зачосова Н., Липа А. Концептуальні засади наукових досліджень проблем управління підприємствами малого бізнесу в умовах цифровізації. Цифрова економіка та економічна безпека, 2024. (5 (14), 73-77. <https://doi.org/10.32782/dees.14-11>
14. Кісь С. Розвиток індустрії 4.0: можливості та бар'єри для вітчизняних підприємств. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2022. Випуск 63. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/ves.2022.63.0>
15. Кузьмін О.Є. Фещур Р.В., Скибінський О.С., Дрималовська Х. В. Особливості диверсифікації підприємств як чинник забезпечення їх інноваційно-технологічного розвитку. Бізнес Інформ. 2015. - № 7. - С. 194-201. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2015_7_31
16. Кушніренко О. М., Гахович Н. Г. Вплив технологій Індустрії 4.0 на структурні трансформації в економіці. Економічний вісник. Серія: фінанси, облік, оподаткування. 2020. Вип. 4. С. 64–73.
17. Матяш М. (директор SAP Ukraine). Що таке «розумне підприємство»? Електронний ресурс / Режим доступу : <https://biz.nv.ua/ukr/experts/shcho-take-rozumne-pidpriyemstvo-50012186.html>

18. Мейтус В. Ю. Розумні підприємства - основа цифрової економіки / Мейтус В. Ю. // Матеріали круглого столу "Нейронауки та когнітивні системи в економіці" (НаУКМА, 19 лютого 2019 р.) / упоряд. О. В. Гуменна ; Національний університет "Києво-Могилянська академія", Факультет економічних наук, Кафедра маркетингу та управління бізнесом. - Київ : НаУКМА, 2019. - С. 19-22.
19. Мельник Д., Кісь С., Остащук Р. Управління бізнес-проектами в умовах підвищення конкурентоспроможності туристичних підприємств / Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих учених «Перспективи популяризації історичної спадщини та культурного туризму в Україні: досвід європейських країн», (м. Львів, 9-10 травня 2024 р.).
20. Мкртчян Е. Індустрія 4.0 як інноваційний тренд України. URL: <https://interfax.com.ua/news/blog/799334.html>
21. Назарук Т. АСУП "Львів": місцева історія "радянського Інтернету". URL: <https://www.lvivcenter.org/discussions/history-of-soviet-internet/>
22. Нікітін Ю., Кульчицький О. «Smart» парадигма як основа визначення: розумна організація, розумна компанія, розумна фабрика. Інноваційна економіка. 2020. 0(1-2), 153-161. URL: <http://inneco.org/index.php/innecoua/article/view/245>
23. Ноджак Л., Паращич М. Розвиток 4.0 індустрії в Україні: проблеми, перспективи. Економіка та суспільство. 2022 (45). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-29>
24. Олійник А., Могилевський М., Лявінець І., Попов О., Нестеренко В. Оптимізація виробничих витрат при формуванні стратегії розвитку підприємства в бізнес-середовищі. Інвестиції: практика та досвід. 2021. №21. Ст. 84-90. URL: <https://nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/2384/2420>

25. Перерва П., Мащенко М., Ткачова Н., Долина І. Економічна оцінка комерціалізації інновацій в системі менеджменту «розумного підприємства». *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки)*, (2024). (4), 25–30. <https://doi.org/10.20998/2519-4461.2024.4.25>
26. Перерва П.Г. Управління інноваційними змінами «розумного підприємства» в умовах масштабування бізнесу та Індустрії 4.0 / П.Г. Перерва, Т.О. Кобелева, І.В. Долина // *Економічний журнал Одеського політехнічного університету*. – 2024. – № 1 (27). – С. 131-138. – Режим доступу: <https://economics.net.ua/ejoru/2024/No1/131.pdf>. DOI: 10.15276/EJ.01.2024.14. DOI: 10.5281/zenodo.14257057.
27. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації: розпорядження Кабінету міністрів України від 17.01.2018 р. №67- р7. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p#n13>
28. Сабадишина Ю. Річний обсяг ІТ-експорту України вперше знизився. Це плато чи погіршення ситуації? — Аналітика й думки експертів. 2024. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/it-export-2023/>
29. Скіцько В. І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. Інвестиції: практика та досвід. 2016. № 5. С. 33–40
30. Скоробогатова Н. Є. Використання технологій Індустрії 4.0 в умовах пандемії COVID-19. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи». URL: <http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/230941>
31. «СМАРТ» парадигма як основа визначення: розумна організація, розумна компанія, розумна фабрика. 2018. URL: <https://aei.org.ua/smart-paradigma-yak-osnova-viznachennya-ro/>
32. Стратегія розвитку «Індустрія 4.0». URL: <file:///Users/gvozdmaryana/Downloads/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B>

[0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83%204-0%20%D0%B23.pdf](#)

33. Тетерін О.А., Гойдаш Ю.Р., Процак К.В. Трансформація бізнес-моделі підприємства в умовах кризи. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи встановлення і проблеми розвитку. 2023. Вип. 5. №2. С.200-211. URL: <https://doi.org/10.23939/smeu2023.02.200>
34. Череватский Д.Ю. Смарт промисловість у різних ракурсах. Економіка промисловості. 2017. № 3 (79). С. 145–153.
35. Череп О.Г., Дашко І.М., Бехтер Л.А., Підлісний Р.О. Переваги та виклики цифровізації економіки України. Technology. 2024. No 1(9). С. 131–135 URL: http://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2024/02/ujae_2024_r01_a21.pdf
36. Четверта промислова революція. Вікіпедія: Вільна Енциклопедія URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D1%96%D1%8F
37. Шпак Н., Кісь С. Особливості формування системи менеджменту «розумними підприємствами». Економіка та суспільство, 2022 (а). (42). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-51>
38. Шпак Н., Кісь С. Підходи до реалізації цифрової трансформації бізнес-процесів підприємства: управлінський аспект. Інтелект XXI №2, 2024 (а), ст. 88-94.
39. Шпак Н., Кісь С. Трансформація систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку індустрії 4.0. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор». Випуск 2 (75) 2024 (b). С. 380-385.
40. Шпак Н., Кісь, С. Формування стратегій розвитку «розумних підприємств» в умовах Індустрії 4.0. Цифрова економіка та економічна безпека. 2024 (b).166-171. 10.32782/dees.14-26.

41. Шпак Н.О., Кісь С.Ю. «Розумне підприємство»: аналіз категорійного апарату. Тези доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції «Управління інноваційним процесом в Україні: напрями розвитку». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022 (b). URL: <https://science.lpnu.ua/mipu/abstracts-2022>
42. Шпак, Н., Кісь, С. Розвиток індустрії 4.0: нові можливості та виклики для сучасних підприємств. Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції "Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи". (м. Київ, 08.12.2022р.) – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022 (с). – 292 с.
43. Яцкевич І.В., Маслій Н.Д. «Розумні фабрики» як перспективний напрям цифровізації підприємств. Бізнес інформ, №с10, 2021, с. 363-367.
44. Яцишина І. В. Суть та особливості смарт-підприємств. Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка» : науковий журнал. Острог : Вид-во НаУОА, грудень 2018. № 11(39). С. 14-18.
45. Ab Hamid, M.R., Sami, W. and Sidek, M.M. Discriminant Validity Assessment: Use of Fornell & Larcker Criterion versus HTMT Criterion. Journal of Physics: Conference Series. 2017. 890. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/890/1/012163>.
46. Aghakhani G., Wautelet Y., Dijkmans D., Heng S., Poelmans S., Kolp, M. Supporting digital transformation strategy formulation through a customisable set of objectives: conceptual model and expert opinions. Enterprise Information Systems. 2024. 18 (3). URL: <https://doi.org/10.1080/17517575.2023.2300089>
47. Albayrak F., Poyrazoğlu O. A. Systematic Literature Review on Lean, Industry 4.0, and Digital Factory. Journal Knowl Econ. 2024. 15, Pp.13486–13508 URL : <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01577-2>
48. Almusaed A., Yitmen I., Almssad A. Reviewing and Integrating AEC Practices into Industry 6.0: Strategies for Smart and Sustainable Future-Built

- Environments. Sustainability. 2023; 15(18):13464. URL: <https://doi.org/10.3390/su151813464>
49. Alp U., Emre C. Industry 4.0: Managing the Digital Transformation. Springer Series in Advanced Manufacturing; 2017. Springer: New York, NY, USA.
 50. Alur R. Principles of Cyber-Physical Systems. The MIT Press: Philadelphia, PA, USA, 2015.
 51. [Amber Biela-Weyenberg](#). What Is a Smart Factory and Smart Manufacturing? URL: <https://www.oracle.com/nl/industrial-manufacturing/smart-factory-and-smart-manufacturing/>
 52. [Ansong E. Boateng R.](#) Surviving in the digital era – business models of digital enterprises in a developing economy. [Digital Policy, Regulation and Governance](#). 2019. Vol. 21 No. 2, pp. 164-178. <https://doi.org/10.1108/DPRG-08-2018-0046>
 53. Antonino P. O., Capilla R., Pelliccione P., Schnicke F., Espen D., Kuhn T., Schmid K. A Quality 4.0 Model for architecting industry 4.0 systems. *Advanced Engineering Informatics*. 2022. 54. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101801>
 54. Atieh A.M., Cooke K.O., Osiyevskyy O. The role of intelligent manufacturing systems in implementing Industry 4.0 by small and medium enterprises in developing countries. *Eng. Rep.* 2023. Vol. 5.
 55. Awan U., Gölgeci I., Makhmadshoev D., Mishra N. Industry 4.0 and circular economy in an era of global value chains: What have we learned and what is still to be explored? *Journal of Cleaner Production*. 2022. 371, URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133621>
 56. Beckett R. Determining the anatomy of business systems for a virtual enterprise. *Computers in Industry*. 2003. 51(2), 127-138. URL: [https://doi.org/10.1016/S0166-3615\(03\)00032-0](https://doi.org/10.1016/S0166-3615(03)00032-0)
 57. Betlejewska R., Parv L., Glin W. The influence of Industry 4.0 on the enterprise competitiveness. 2018. *MAPE* 1(2): 641-648, doi:10.2478/mape-2018-0081

58. Bondar K. What is in reality Industry 4.0?. InnovaCima. 2017. URL: <https://web.archive.org/web/20180101021727/http://innovacima.com/en/2017/11/09/what-is-industry-4-0/>
59. [Bosman, L.](#), [Hartman, N.](#) and [Sutherland, J.](#) How manufacturing firm characteristics can influence decision making for investing in Industry 4.0 technologies. [Journal of Manufacturing Technology Management](#). 2020. Vol. 31 No. 5, pp. 1117-1141. URL: <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0283>
60. By Sabine Vander Linden. The smart enterprise: smart tactics for growth. 2021. URL: <https://alchemycrew.com/the-smart-enterprise-smart-tactics-for-growth/>
61. Cardoso A., Pereira M. S., Sá J. C., Powell D. J., Faria S., Magalhães M. Digital Culture, Knowledge, and Commitment to Digital Transformation and Its Impact on the Competitiveness of Portuguese Organizations. *Administrative Sciences*, 2023. 14(1), 8. URL: <https://doi.org/10.3390/admsci14010008>
62. Chidozie, Bernardine, Ramos, Ana, Ferreira, José and Ferreira, Luis Pinto. The Importance of Digital Transformation (5.0) in Supply Chain Optimization: Production Engineering Archives. 2024. vol.30, no.1. pp.127-135. URL: <https://doi.org/10.30657/pea.2024.30.12>
63. Chin H., Marasini D. P., Lee D. Digital transformation trends in service industries. *Service Business*. 2003. 17(1), 11-36.
64. Cho E., Kim S. Cronbach's coefficient alpha: Well known but poorly understood. *Organizational Research Methods*. 2015. 18(2), Pp.207-230. <https://doi.org/10.1177/1094428114555994>
65. Čočkalo D., Tadić D., Bakator M., Stanisavljev S., Makitan V. Managing the Transition Process to Society 5.0. Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies. <https://management.fon.bg.ac.rs/index.php/mng/article/view/468/294>
66. [Das P.](#), [Perera S.](#), [Senaratne S.](#), [Osei-Kyei R.](#) A smart modern construction enterprise maturity model for business scenarios leading to Industry 4.0", [Smart](#)

and Sustainable Built Environment. 2023.

URL: <https://doi.org/10.1108/SASBE-09-2022-0205>

67. Del Giudice M., Scuotto V., Papa A., Tarba S.Y., Bresciani S., Warkentin M. Self-Tuning Model for Smart Manufacturing SMEs: Effects on Digital Innovation. *Journal Prod. Innov. Manag.* 2021, Pp.38, 68–89.
68. Dixit U.S. Evolution of Manufacturing: Growing on a Circular Track. In *Additive and Subtractive Manufacturing Processes*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA. 2023. pp. 1–30
69. Enke E. J. F. L., Martens M. L., Coutinho A. dos R., Satyro W. C., Enke D. B. S., Contador J. C. Business models in the context of Industry 4.0 as support in generating value and strategic alignment. *Research, Society and Development*, 2022. 11(13). URL: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35675>
70. Erastos Filos Smart Organization in the digital age. – European Commission. URL: <https://www.academia.edu/2630972/Smart>
71. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Renda, A., Schwaag Serger, S., Tataj, D., et al., *Industry 5.0, a transformative vision for Europe : governing systemic transformations towards a sustainable industry*, Publications Office of the European Union. 2022. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/17322>
72. Features of Smart Manufacturing. URL: https://www.boschrexroth.com/en/xc/trends-and-topics/industry-4-0/internet-of-things/internet-of-things?gclid=Cj0KCQiAtJbTBRDkARIsAIA0a5MGI9xAu4fDceu839QFnOyqa_A6S7IPEs0L7da8q9WtK5jkazl2
73. Feliciano-Cestero M. M., Ameen N., Kotabe M., Paul J., Signoret M. Is digital transformation threatened? A systematic literature review of the factors influencing firms' digital transformation and internationalization. *Journal of Business Researc.* 2023. 157 p.

74. Filos E. Smart Factory - розумне виробництво. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/smart-factory>
75. Filos, E. Banahan Will the Organisation Disappear? The Challenges of the New Economy and Future Perspectives, in: Camarinha-Matos, Afsarmanesh, Rabelo (eds): E-Business & Virtual Enterprises, Dordrecht: Kluwer, 2000, pp. 3-20.
76. Fornell C., Larcker D.F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*, 1981. 39-50.
77. Gallo T., Cagnetti C., Silvestri C., Ruggieri A. Industry 4.0 tools in lean production: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*. 2021. №180. P.394-403.
78. Ghadi I., Alwi N., Bakar K., Talib O. Construct validity examination of critical thinking dispositions for undergraduate students in University Putra Malaysia. *Higher Education Studies*. 2012. 2(2). doi: [10.5539/hes.v2n2p138](https://doi.org/10.5539/hes.v2n2p138).
79. Grose T.K. The new factory floor. *ASEE Prism*. 2019. 29(2), 22–27. URL: <https://www.jstor.org/stable/26828919>
80. Hair J.F., Sarstedt M., Ringle C.M., Mena, J.A. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2012. 40(3), 414-433.
81. Hatır M.E., İnce İ., Korkanç M. Intelligent detection of deterioration in cultural stone heritage. *Build. Eng.* 2021, 44, 102690.
82. Henseler J., Ringle C.M., Sarstedt M. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2015. 43(1), 115-135.
83. Herrmann, Frank. The Smart Factory and Its Risks. *Systems*. 2018. Vol.6, no. 4: 38. URL: <https://doi.org/10.3390/systems6040038>
84. Huihui Yan, Xiaohong Fang. Innovative Research on Intelligent Enterprise Management Mode under the Background of Smart City. [Wireless](#)

- Communications and Mobile Computing. 2022. URL: <https://doi.org/10.1155/2022/5225576>
85. Industrie 4.0. Federal Ministry of Economy and Energy: Berlin, Germany. 2018. URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/industrie-40.html>
 86. Industry 4.0: an Australian perspective, Recommendations Report to Australian Government – Department of Industry, Innovation and Science March 2017.
 87. Jayashree S., Reza M. N. H., Malarvizhi C. A. N., Gunasekaran A., Rauf M. A. Testing an adoption model for Industry 4.0 and sustainability: A Malaysian scenario. *Sustainable Production and Consumption*. 2022. 31, 313-330. URL: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.015>
 88. Kagermann H., Wahlster W., Helbig, J. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Heilmeyer und Sernau: Berlin, Germany, 2013.
 89. Kang H. S., Lee J. Y., Choi S., Kim H., Park J. H., Son J. Y., Kim B. H., and Noh S. D. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*. 2016. 3(1): 111-128.
 90. Khalatur S., Kriuchko L., Sirko A. World experience adaptation of anti-crisis management of enterprises in the conditions of national economy's transformation. *Baltic Journal of Economic Studies*, 2020. vol. 6 (3), pp. 171—182. URL: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2020-6-3-171-182>
 91. Khan A., Jhanjhi N. Z., Hamid D. H., Omar H. A. (2024). The Need for Explainable AI in Industry 5.0. In M. Ghonge, N. Pradeep, N. Jhanjhi, & P. Kulkarni (Eds.), *Advances in Explainable AI Applications for Smart Cities* (pp. 1-30). IGI Global. URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6361-1.ch001>
 92. Kis S. Y. Industry 4.0 and 5.0: a comparative aspect. Abstracts of international scientific-practical conference «Current issues of economics, finance, management and law in modern conditions» January 10, 2023. Rivne, Ukraine - ЦФЕНД, 2023. С. 68.

93. Klitou D., Conrads J., Rasmussen M., Probst L. Pedersen B. Digital Transformation Monitor Italy: "Industria 4.0". Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017.
94. Kolot A., Herasymenko O. Digital transformation and new business models as determinants of formation of the economy of nontypical employment. Social and labour relations: theory and practice. 2020. 10(1), 33-54. doi:10.21511/slntp.10(1).2020.06
95. Kraus S., Jones P., Kailer N., Weinmann A., Chaparro-Banegas N., RoigTierno N. Digital transformation: An overview of the current state of the art of research. Sage Open. 2021. 11(3).
96. Kravchuk Y., Skorobagatova N. Ukrayina v umovakh Industriyi 4.0: mozhlyvosti ta baryery. Collection of scientific works of young scientists of the Faculty of Management and Marketing of the National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute". Actual problems of economy and management. 2020. URL: <http://ape.fmm.kpi.ua/article/view/205842>
97. Kuzmin O., Budynskyi, R., Poritska, A. The state of enterprise project management in digital business in the conditions of European integration. Recommended for publication by the decision of the Academic Council of the Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy (Protocol No. 5, November 24), 2020. 267.
98. Kuzmin O., Tsikalo Y., Say L., Bala R., Vivchar O. Information and Economic Mechanisms for the Development of System Integration in the Management of Enterprises' Business Processes. In: Štarchoň, P., Fedushko, S., Gubíniová, K. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, (2024). vol 212. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60815-5_13
99. Largest AI companies by market capitalization. 2024. URL: <http://surl.li/szjchp>

100. Lee S.M., Trimi S. Convergence innovation in the digital age and in the COVID-19 pandemic crisis. *J. Bus. Res.* 2021, 123, 14–22.
101. Li X., Han H., He H. Advanced manufacturing firms' digital transformation and exploratory innovation. *Applied Economics Letters*. 2024. Pp.1–7. URL: <https://doi.org/10.1080/13504851.2024.2305665>
102. Li X., Han H., He H. Advanced manufacturing firms' digital transformation and exploratory innovation. *Applied Economics Letters*, 2024. Pp.1–7. URL: <https://doi.org/10.1080/13504851.2024.2305665>
103. Li Yang, Haobo Zou, Chao Shang, Xiaoming Ye, Pratibha Rani. Adoption of information and digital technologies for sustainable smart manufacturing systems for industry 4.0 in small, medium, and micro enterprises (SMMEs) *Technological Forecasting Social Change* Vol. 188. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122308>
104. Lucke D., Constantinescu C., Westkämper E. Smart Factory – A Step towards the Next Generation of Manufacturing. *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*. 2008. P. 115–118. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84800-267-8_23
105. Luo Y., Cui H., Zhong H., Wei C. Business environment and enterprise digital transformation. *Finance Research Letters*, 2023. 57. URL: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104250>
106. Luo Y., Zahra S.A. Industry 4.0 in international business research. *Journal Int Bus Stud* 2023. 54, 403–417. <https://doi.org/10.1057/s41267-022-00577-9>
107. Magnus Wiktorsson, Sang Do Noh, Monica Bellgran, Lars Hanson. Smart Factories: South Korean and Swedish examples on manufacturing settings. *Procedia Manufacturing*. Volume 25, 2018, P. 471-478, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.128>
108. Manufacturing Tomorrow. Online Trade Magazine - Industry 4.0 Advanced Manufacturing and Factory Automation. URL:

- <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2017/02/what-is-smart-manufacturing--the-smart-factory/9166>
109. McNeish D. Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. *Psychological Methods*. 2017. 23(3), 412-433. <https://doi.org/10.1037/met0000144>
 110. Meddaoui A., En-nhaili A., Zaki A. et al. Optimizing operational performance through industry 4.0: a comprehensive model for data reliability and OEE enhancement, 02 February 2024, PREPRINT (Version 1) URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3893505/v1>
 111. Mehedintu A. Soava, G. A Structural Framework for Assessing the Digital Resilience of Enterprises in the Context of the Technological Revolution 4.0. *Electronics*, 2021. 11(15), 2439. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics11152439>
 112. Mehedintu, A., & Soava, G. (2021). A Structural Framework for Assessing the Digital Resilience of Enterprises in the Context of the Technological Revolution 4.0. *Electronics*, 11(15), 2439. <https://doi.org/10.3390/electronics11152439>
 113. Mladineo M, Celent L, Milković V, Veža I. Current State Analysis of Croatian Manufacturing Industry with Regard to Industry 4.0/5.0. *Machines*. 2024; 12(2):87. URL: <https://doi.org/10.3390/machines12020087>
 114. Narayanamurthy G., Tortorella G. Impact of COVID-19 outbreak on employee performance—Moderating role of industry 4.0 base technologies. *Int. J. Prod. Econ.* 2021, 234.
 115. Nikolaou P. Museums and the Post-Digital: Revisiting Challenges in the Digital Transformation of Museums. *Heritage*. 2024. 7, Pp.1784-1800. URL: <https://doi.org/10.3390/heritage7030084>
 116. Obradović T., Vlačić B., Dabić M. Open innovation in the manufacturing industry: A review and research agenda. *Technovation* 2021, 102, 102221.
 117. [Odrekhivskyi M.](#), [Pshyk-Kovalska O.](#), [Zhezhukha V.](#), [Ivanochko I.](#) Intelligent Management of Enterprise Business Processes. *Mathematics*. 2023. 11(1), 78. URL: <https://doi.org/10.3390/math11010078>

118. Ohinok S., Gvozd M., Kis S., Prysiachniuk Y. "Modeling the impact of digitalization on the development of smart systems of internet trade." In: Computer Sciences and Information Technologies: Materials of the 18th International Scientific and Technical Conference CSIT-2023 (Lviv, October 19-21, 2023). DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324237. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10324237>
119. Oliver K., Roland H., Dao D.-K. Studie Industrie 4.0—Eine Standortbestimmung der Automobil-und Fertigungsindustrie. Hg. v. Mieschke Hofmann und Partner (MHP). 2014. URL: https://www.mhp.com/fileadmin/mhp.de/assets/studien/MHP-Studie_Industrie4.0_V1.0.pdf
120. Online Trade Magazine – Industry 4.0 Advanced Manufacturing and Factory Automation. URL: <https://www.manufacturingtomorrow.com>
121. Peng Y., Tao C. Can digital transformation promote enterprise performance? — From the perspective of public policy and innovation. Journal of Innovation & Knowledge. 2022. 7(3), URL: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100198>
122. Pereira A. G., Lima T. M., Charrua-Santos F. Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and threats. International Journal of Recent Technology and Engineering. 2020. Vol.8, P. 3305-3308. DOI:10.35940/ijrte.D8764.018520
123. Pizoń J., Cioch M., Kański Ł., Sánchez García E. Cobots Implementation in the Era of Industry 5.0 Using Modern Business and Management Solutions. Science and Technology Research Journal. 2022. 16(6), P.166-178. URL: <https://doi.org/10.12913/22998624/156222>
124. Prokopenko, O. et al. Communication Business Processes of Industrial Enterprises in the Conditions of Globalisation. International Journal of Management. 2020. 11(5), pp. 884-895. URL: DOI: 10.34218/IJM.11.5.2020.081

125. Pyroh O., Horyachka A. Global trends of e-commerce development. International Electronic Scientific Journal "Science Online", 2019. 2. URL: <https://doi.org/10.23939/eem2020.01.010>
126. Qingling Liu, Xiaoxiao Yang, Zhiyang Shen, Dalia Štreimikienė. Digital economy and substantial green innovation: empirical evidence from Chinese listed companies. Technology Analysis & Strategic Management. 2020. DOI: 10.1080/09537325.2022.2156336
127. Ramdani B., Raja S., Kayumova M. Digital innovation in SMEs: a systematic review, synthesis and research agenda. Information Technology for Development. 2021. 28(1), 56–80. URL: <https://doi.org/10.1080/02681102.2021.1893148>
128. Raykov T., Marcoulides, G.A. Thanks coefficient alpha, we still need you! Educational and Psychological Measurement. 2017. 79(1), Pp.200-210. <https://doi.org/10.1177/0013164417725127>
129. Rusly F.H.; Talib Y.Y.A.; Hussin M.R.A.; Mutalib H.A. Modelling the internal forces of SMEs digital adaptation strategy towards industry revolution 4.0 polish. Journal Manag. Stud. 2021, 24, Pp. 306–321.
130. Santos A. D. M., Sant'Anna Â. M. O). Industry 4.0 technologies for sustainability within small and medium enterprises: A systematic literature review and future directions. Journal of Cleaner Production, 2024. 467, URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143023>
131. Schumacker R.E., Lomax R.G. A beginner's guide to structural equation modeling. 3rd ed. New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2010.
132. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. World Economic Forum. 2016. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>

133. Sharma B.A focus on reliability in development research through Cronbach's Alpha among medical, dental and paramedical professionals. Asian Pacific Journal of Health Sciences. 2016. 3(4), Pp. 271-278.
134. Shpak N., Kuzmin O., Dvulit Z., Onysenko T., Sroka W. Digitalization of the Marketing Activities of Enterprises: Case Study. Information 2020, 11, 109. URL: <https://doi.org/10.3390/info11020109>
135. Shpak N., Kyrylych T., Greblikaite J. Diversification Models of Sales Activity for Steady Development of an Enterprise. Sustainability. 2016. Volume 8, Issue 4. DOI: 10.3390/su8040393
136. Shpak N., Maznyk L., Dvulit Z., Doroshkevych K., Horbal N., Kis S. "Smart Contract as a Way to Exchange Digital Values in Blockchain," 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2021, pp. 403-406, doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648635
137. Shpak N., Soroachak O., Hvozd M., Sroka W. Risk evaluation of the reengineering projects: A case study analysis. Scientific Annals of Economics and Business, 2018. Volume 65, Issue 2, Pages 215-226. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/saeb-2018-0014>
138. Sijtsma K. On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha. Psychometrika. 2009. 74(1), 107-120.
139. Smith N. D., Hovanski Y., Tenny, J., Bergner S. Digital Performance Management: An Evaluation of Manufacturing Performance Management and Measurement Strategies in an Industry 4.0 Context. Machines, 2024. 12(8), 555. URL: <https://doi.org/10.3390/machines12080555>
140. Soltovski R., Rodrigues T. V., Pontes J., Resende L. M. M. Theoretical framework of the Industry 4.0 risks from sustainability perspective. Revista Competitividade e Sustentabilidade, 2021. 8(2), Pp.1-20. URL: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/comsus/article/view/25785>

141. Spieth P., Schneckenberg, D. Ricart, J.E. Business model innovation–state of the art and future challenges for the field. *R&D Management*. 2014. Vol. 44 No. 3, pp. 237-247.
142. Sreenivasan Jayashree, Mohammad Nurul Hassan Reza, Chinnasamy Agamudai Nambi Malarvizhi, Angappa Gunasekaran, Md Abdur Rauf Testing an adoption model for Industry 4.0 and sustainability: A Malaysian scenario. *Sustainable Production and Consumption*. Vol. 31, 2022, Pp. 313-330. URL: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.015>
143. Statista Account: Number of Internet of Things (IoT) connections worldwide from 2022 to 2023, with forecasts from 2024 to 2033. URL: <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>
144. Sufian A.T., Abdullah B.M., Ateeq M., Wah R., Clements D. Six-Gear Roadmap towards the Smart Factory. *Appl. Sci.* 2021, 11. URL: <https://doi.org/10.3390/app11083568>
145. Sylkin O., Kryshchanovych M., Zachepa A., Bilous S., Krasko A. Modeling the process of applying anti-crisis management in the system of ensuring financial security of the enterprise. *Business: Theory and Practice*, 2019. vol. 20. pp. 446-455. URL: <https://doi.org/10.3846/btp.2019.41>
146. Teixeira J.E., Tavares-Lehmann A.T.C. Industry 4.0 in the European Union: Policies and national strategies. *Technol. Forecast. Soc. Change*. 2022, 180. 121664.
147. The 10 Vital Skills You Will Need for the Future of Work. URL: <https://myfuture.cimaglobal.com/career-insights/the-10-vital-skills-you-will-need-for-the-future-of-work/>
148. Tsukada O., Ibusuki U., Kuchii S., Almeida A.T.d.S.B. Is lean manufacturing maturity a prerequisite for industry 4.0? Survey of SMEs in Japan and Brazil", *International Journal of Lean Six Sigma*, 2024. Vol. 15 No. 5, pp. 1102-1126. URL: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2023-0149>

149. Tupa J., Simota J., Steiner F. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*. 2017. №11. pp. 1223 – 1230.
150. Verma S., Gustafsson A. Investigating the emerging COVID-19 research trends in the field of business and management: A bibliometric analysis approach. *J. Bus. Res.* 2020, 118, Pp. 253–261
151. Villi M., Picard R. Transformation and Innovation of Media Business Models. In M. Deuze & M. Prenger (Eds.), *Making Media: Production, Practices, and Professions* 2019. pp. 121–132. Amsterdam University Press. URL: <https://doi.org/10.2307/j.ctvcj305r.11>
152. Wahyu Sardjono et al. 2024 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. URL: DOI 10.1088/1755-1315/1324/1/012083
153. Wang D., Shao X. Research on the impact of digital transformation on the production efficiency of manufacturing enterprises: Institution-based analysis of the threshold effect. *International Review of Economics & Finance*, 2024. 91, Pp.883-897. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.01.046>
154. Wessel S.J., Erlend A., Jan Ola S., Reed V.L. *The Fit of Industry 4.0 Applications in Manufacturing Logistics—A Multiple Case Study*. Norwegian University: Trondheim, Norway, 2017.
155. Xiaohui Wang. Smart Enterprises in the Context of Digital Transformation: Basic Characteristics and Development logic *Journal of Physics: Conference Series* 2425 2023. 012058 doi:10.1088/1742-6596/2425/1/012058
156. Xu X., Lu Y., Vogel-Heuser B., Wang L. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Manuf. System*. 2021. 61. P. 530–535.
157. Yang L., Zou H., Shang C., Ye X., Rani P. Adoption of information and digital technologies for sustainable smart manufacturing systems for industry 4.0 in small, medium, and micro enterprises (SMMEs). *Technological Forecasting and Social Change*, 2023. 188, URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122308>

158. Zachosova N., Koval O. Strategic management in ensuring economic security in the digital economy and the VUCA world. (Z. Cekerevac, Ed.) MEST Journal, 2022. 10(2), 217-224. doi:10.12709/mest.10.10.02.21
159. Zizic M., Mladineo M., Gjeldum N., Celent L. From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies*. 2022; 15(14):5221. URL: <https://doi.org/10.3390/en15145221>
160. Zott Ch., [Amit R.](#), Business Model Design: An Activity System Perspective. [Long Range Planning](#) . 2010. Vol. 43(2-3), pp.216-226, doi: [10.1016/j.lrp.2009.07.004](https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.004)
161. Zou H., Ji H., Qin H., Guo Y., Yang X. Research on the Strategy Evolution of Knowledge Innovation in an Enterprise Digital Innovation Ecosystem: Kinetic and Potential Perspectives in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 78764-78779, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3194071
162. Zaverbnyj A., Pushak Y. Theoretical and applied principles of strategic management of competitive advantages of enterprises in the context of digitalization // *Economic Herald of the Donbass* – 2024. – № 4 (74). – C. 26–31.

ДОДАТКИ

Додаток А

Шановні респонденти

В умовах війни Львівська область – серед регіонів, які забезпечують економічну стійкість, відновлення та модернізацію економіки України. Інструментами реалізації цих процесів є цифровізація економіки та розвиток Індустрії 4.0.

Мета цього опитування – з’ясувати стан і готовність бізнесу Львівщини до розвитку цифровізації бізнес-процесів, а також використання інструментів Індустрії 4.0.

Ваша участь в опитуванні допоможе сформувати регіональне бачення напрямів підтримки бізнесу Львівщини у забезпеченні його конкурентоспроможності, відобразити його у стратегії розвитку області, цільових регіональних програмах її реалізації.

Анкетування проводиться за організаційної підтримки Головного управління статистики у Львівській області.

Участь в опитуванні є добровільною та анонімною, а його результати (узагальнені, безособові дані та їх аналіз) будуть опубліковані у вільному доступі.

Довідково: Довідково Індустрія 4.0 – це концепція, яка визначає новий етап в еволюції виробництва, в основу якого покладено використання цифрових технологій для підвищення ефективності, автоматизації процесів та створення більш гнучких та інтегрованих виробничих систем

1. КОРОТКО ПРО ВАШУ КОМПАНІЮ

1. Виберіть основний вид економічної діяльності Вашого підприємства

- Будівництво
- Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування
- Інформація та телекомунікації
- Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок
- Надання інших видів послуг
- Операції з нерухомим майном
- Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів
- Освіта
- Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги
- Промисловість
- Професійна, наукова та технічна діяльність
- Сільське, лісове та рибне господарство
- Тимчасове розміщування й організація харчування

- Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність
- Фінансова та страхова діяльність

2. Скільки років Ваше підприємство працює на ринку

- від 1 до 5 років
- від 6 до 10 років
- понад 10 років

3. До якої групи за середньою кількістю працівників належить Ваше підприємство?

- до 10 осіб
- 11-50
- 51-250
- понад 250 осіб

4. Вкажіть середню загальну рентабельність підприємства за два довоєнні роки (2020-2021) рр., %.

(Загальна рентабельність розраховується наступним чином:

$$\text{Рент} = (\text{Чистий прибуток} / (\text{Середньорічна вартість основних фондів} + \text{Середньорічну вартість оборотного капіталу})) * 100\%$$

Середня рентабельність розраховується наступним чином: $P_c = (P_{2020} + P_{2021}) / 2$

5. Вкажіть середню загальну рентабельність підприємства за два роки дії військового стану (2022-2023) рр., %.

(Загальна рентабельність розраховується наступним чином:

$$\text{Рент} = (\text{Чистий прибуток} / (\text{Середньорічна вартість основних фондів} + \text{Середньорічну вартість оборотного капіталу})) * 100\%$$

Середня рентабельність розраховується наступним чином: $P_c = (P_{2022} + P_{2023}) / 2$

2. ПРО ЦИФРОВІЗАЦІЮ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ (не на рівні 4.0)

6. Чи компанія активно впроваджує цифрові технології у свою діяльність?

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

7. Чи є можливість налагодження дистанційної роботи, залучення співробітників в будь-якому місці і в будь-який час для забезпечення безперебійного виробничого процесу?

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

8. Чи можна сказати, що в управлінні підприємством основну роль відіграє інформаційна система разом із сукупністю програмних і аналітичних засобів, що забезпечують виконання основних процесів і підтримку можливостей підприємства до виконання основних функцій?

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

9. Чи налагоджена система реінжинірингу процесів розробки продуктів/проектів у компанії? (Реінжиніринг – це перебудова бізнес-процесів підприємства з метою скорочення часу бізнес-процесів, підвищення якості продукції, зменшення відсотка браку і т.п.)

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

10. Чи Ваша компанія використовує мережу Інтранет у своїй виробничій діяльності?

(*Інтранет – це внутрішня корпоративна мережа, до якої є доступ лише з комп'ютерів підприємства або з інших комп'ютерів через VPN*) –

Так	Ні
1	2

11. Чи вважаєте Ви рівень автоматизації і роботизації бізнес-процесів підприємства високим?

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

12. Чи здійснюється на підприємстві постійне розширення меж застосування інформаційних технологій у виробництві?

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

13. Чи існують на Вашому підприємстві повністю автоматизовані виробничі лінії, управління якими здійснюється в режимі реального часу?

Так	Ні
1	2

3. ПРО ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІНДУСТРІЇ 4.0

14. Чи використовує підприємство удосконалені найсучасніші IT-рішення (*штучний інтелект, Інтернет речей, 3D друк, машинне навчання і т.п.*) для ведення бізнесу?

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

15. Чи у господарській діяльності Ваша компанія використовує систему автоматизованого проектування – САПР (CAD/CAM/CAE)?

(*CAD/CAM/CAE -системи, які дозволяють виконати аналіз і оптимізацію проектних рішень, приклад – автокад, маткад*)

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

16. Чи у господарській діяльності Ваша компанія використовує систему управління даними про виріб – PDM (Product Data Management)?

(*PDM – це інструментальна система, яка автоматизує процес управління розробкою виробу на підприємстві або групою підприємств-суміжників. Система PDM узагальнює такі широко відомі процеси, як управління інженерними даними, управління документами, та інші системи, які використовуються для маніпулювання інформацією, яка всебічно визначає конкретний виріб*)

Так	Ні
1	2

17. Чи у господарській діяльності Ваша компанія використовує програмне забезпечення для управління життєвим циклом продукції – PLM (Product Lifecycle Management)?

(PLM використовується для управління життєвим циклом продукту від початкового концепту до вилучення з експлуатації, сприяє покращенню управління продуктом, зниженню витрат та ризиків, підвищенню якості та прискоренню часу до введення продукту на ринок)

Так	Ні
1	2

18. Чи здійснюється на підприємстві синхронне планування виробництва – APS (Advanced Planning and Scheduling)?

(APS - це інформаційні системи, які використовуються на підприємствах для оптимізації планування та управління виробничими процесами. Основна мета APS полягає в тому, щоб забезпечити оптимальне використання ресурсів, мінімізувати час виробництва і витрати, підвищити ефективність виробництва та забезпечити вчасну поставку продукції)

Здійснюється	Не здійснюється
1	2

19. Чи застосовується у діяльності Вашого підприємства будь яка система управління виробничими процесами типу MES (Manufacturing Execution System)?

(MES використовується на підприємствах для автоматизації та контролю виробничих процесів. Основні функції MES включають управління виробничими процесами, моніторинг виробництва, планування та розкладання виробництва, збір та аналіз даних про виробництво, ведення обліку сировини та матеріалів, відстеження виробничих ресурсів (робочої сили, обладнання, інструментів), управління якістю продукції, а також забезпечення виконання виробничих стандартів і вимог щодо безпеки на підприємстві.

Так	Ні
1	2

20. Чи використовується промисловий інтернет речей ІІоТ (Industrial Internet of Things) (наприклад, великі дані, датчики та прийняття рішень в реальному часі) у господарських процесах підприємства?

(ІІоТ використовується на підприємствах для впровадження технологій, які дозволяють підключати до Інтернету фізичні пристрої та машини, що використовуються в промисловому виробництві)

Так	В процесі впровадження	Планується впровадити	Не розглядалася така можливість	Ні
1	2	3	4	5

21. Чи проводиться планування ресурсів підприємства з використанням системи ERP (Enterprise Resource Planning)?

(ERP є програмним забезпеченням, призначеним для інтегрованого управління різними аспектами діяльності підприємства. Вона дозволяє автоматизувати та оптимізувати багато функцій бізнесу, такі як фінанси, управління персоналом, виробництво, збут, закупівлі, логістика та інші)

Так	В процесі впровадження	Планується впровадити	Не розглядалася така можливість	Ні
1	2	3	4	5

22. Чи впроваджена у Вашій компанії система CRM (Customer Relationship Management) управління взаємовідносинами з клієнтами?

(CRM використовується на підприємстві для ефективного управління взаємодією з клієнтами. Основні цілі: збільшення продажів, покращення обслуговування клієнтів, оптимізація маркетингових зусиль)

Так	В процесі впровадження	Планується впровадити	Не розглядалася така можливість	Ні
1	2	3	4	5

23. Чи запроваджена у Вашій компанії система SCM (Supply Chain Management) для управління логістичними процесами?

(SCM використовується на підприємстві для ефективного керування всіма етапами виробництва і постачання товарів або послуг, починаючи від закупівлі сировини або компонентів і закінчуючи доставкою готової продукції або послуги до кінцевого споживача)

Так	В процесі впровадження	Планується впровадити	Не розглядалася така можливість	Ні
1	2	3	4	5

24. Чи адаптований менеджмент підприємства до активного впровадження інструментів Індустрії 4.0?

(інструменти Індустрії 4.0 – це Інтернет речей, штучний інтелект, віртуальна реальність, 3D друк, блокчейни, робототехніка, кіберфізичні системи у виробництві і т.п.)

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

25. Чи забезпечене підприємство надійною інфраструктурою для переходу на рівень «розумного підприємства»?

(«розумне підприємство» – це підприємство, основну діяльність якого забезпечують мережеві технології, повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, програмні засоби та продукти)

Дуже добре забезпечене	Добре забезпечене	Середньо забезпечене	Слабко забезпечене	Дуже слабо забезпечене
1	2	3	4	5

26. Чи існує готовність менеджменту підприємства до реалізації інструментів Індустрії 4.0?

(Індустрія 4.0 – це концепція, яка визначає новий етап в еволюції виробництва, в основу якого покладено використання цифрових технологій для підвищення ефективності, автоматизації процесів та створення більш гнучких та інтегрованих виробничих систем)

Так	Швидше так	Важко відповісти	Швидше ні	Ні
1	2	3	4	5

Дякуємо за Ваш час і співпрацю!

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОНОМІКИ І МЕНЕДЖМЕНТУ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013
тел./факс: +38 (032) 258-22-10
e-mail: Oleh.Y.Kuzmin@lpnu.ua



www.lp.edu.ua/inem

MINISTRY OF EDUCATION AND
SCIENCE OF UKRAINE
EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC INSTITUTE OF
ECONOMICS AND MANAGEMENT OF
LVIV POLYTECHNIC NATIONAL UNIVERSITY

S. Bandera Street, 12, Lviv, Ukraine, 79013
tel./fax: +38 (032) 258-22-10
e-mail: Oleh.Y.Kuzmin@lpnu.ua

03198

28.03.2024 № 68-23-2741

на № _____

**Начальнику Головного управління
статистики у Львівській області
п. Світлані ЗИМОВІЙ**

просп. В. Чорновола, 4
79019 м. Львів

Шановна Світлано Іванівно!

Просимо посприяти проведенню і долучитись до опитування суб'єктів господарювання м. Львова та Львівської області щодо з'ясування стану та готовності бізнесу Львівщини до розвитку цифровізації бізнес-процесів, а також використання інструментів Індустрії 4.0. Це опитування здійснюватиметься в межах дисертаційного дослідження аспіранта Навчально-наукового інституту економіки і менеджменту Національного університету «Львівська політехніка» Святослава КІСЯ «Формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку індустрії 4.0».

В умовах війни Львівська область є одним із ключових регіонів, які забезпечують економічну стійкість, відновлення та модернізацію економіки України. Інструментами реалізації цих процесів є цифровізація економіки і розвиток Індустрії 4.0.

Ваша участь в опитуванні допоможе сформувати регіональне бачення напрямів підтримки бізнесу Львівщини у забезпеченні його конкурентоспроможності, відобразити його у стратегії розвитку області, а також цільових регіональних програмах її реалізації.

Із повагою,
директор Навчально-наукового інституту
економіки і менеджменту, д.е.н., професор,
Заслужений працівник народної освіти України

Олег КУЗЬМІН

Виконавець:
Володимир Жежуха (032) 258-24-36

Додаток В

Підприємства за кількістю працюючих, які можна віднести до групи «Цифрові»

Розмір підприємства за кількістю працюючих	Чи у господарській діяльності компанія використовує?							
	САПР		PDM		PLM		автоматизовані виробничі лінії	
	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
до 10 осіб	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
11-50 осіб	5%	95%	4%	96%	3%	97%	3%	97%
51-250 осіб	9%	91%	6%	94%	9%	91%	9%	91%
понад 250 осіб	6%	94%	10%	90%	6%	94%	6%	94%
Всього	6%	94%	5%	95%	5%	95%	5%	95%

Підприємства за кількістю працюючих, які можна віднести до групи «Розумні»

Розмір підприємства за кількістю працюючих	Чи у господарській діяльності компанія використовує?					
	APS		MES		IIoT	
	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
до 10 осіб	0%	100%	0%	100%	0%	100%
11-50 осіб	4%	96%	6%	94%	6%	94%
51-250 осіб	12%	88%	12%	88%	14%	86%
понад 250 осіб	0%	100%	3%	97%	6%	94%
Всього	6%	94%	7%	93%	8%	92%

Підприємства за кількістю працюючих, які можна віднести до групи «Віртуальні»

Розмір підприємства за кількістю працюючих	Чи у господарській діяльності компанія використовує?					
	ERP		CRM		SCM	
	Так	Ні	Так	Ні	Так	Ні
до 10 осіб	0%	100%	0%	100%	0%	100%
11-50 осіб	1%	99%	4%	96%	1%	99%
51-250 осіб	7%	93%	8%	92%	5%	95%
понад 250 осіб	10%	90%	6%	94%	0%	100%
Всього	4%	96%	5%	95%	2%	98%

Підприємства за кількістю працюючих, які використовують найсучасніші ІТ-рішення

Чи використовує підприємство найсучасніші ІТ-рішення?		Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
		до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Так	Кількість	0	1	1	0	2
	%	0,0%	0,8%	1,0%	0,0%	0,7%
Швидше так	Кількість	1	1	3	1	6
	%	2,3%	0,8%	2,9%	3,2%	2,0%
Важко відповісти	Кількість	14	23	9	3	49
	%	31,8%	18,4%	8,8%	9,7%	16,2%
Швидше ні	Кількість	6	19	15	10	50
	%	13,6%	15,2%	14,7%	32,3%	16,6%
Ні	Кількість	23	81	74	17	195
	%	52,3%	64,8%	72,5%	54,8%	64,6%
Всього	Кількість	44	125	102	31	302
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Підприємства за кількістю працюючих, менеджмент яких адаптований до впровадження інструментів Індустрії 4.0

Чи адаптований менеджмент підприємства до впровадження інструментів Індустрії 4.0?		Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
		до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Так	Кількість	0	0	0	1	1
	%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	0,3%
Швидше так	Кількість	0	1	10	2	13
	%	0,0%	0,8%	9,8%	6,5%	4,3%
Важко відповісти	Кількість	8	29	13	1	51
	%	18,2%	23,2%	12,7%	3,2%	16,9%
Швидше ні	Кількість	8	25	14	4	51

	%	18,2%	20,0%	13,7%	12,9%	16,9%
Ні	Кількість	28	70	65	23	186
	%	63,6%	56,0%	63,7%	74,2%	61,6%
Всього	Кількість	44	125	102	31	302
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Підприємства за кількістю працюючих, які забезпечені інфраструктурою для переходу на рівень «розумного»

Чи забезпечене підприємство інфраструктурою для переходу на рівень «розумного»?		Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
		до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Добре забезпечене	Кількість	0	1	3	2	6
	%	0,0%	0,8%	2,9%	6,5%	2,0%
Середньо забезпечене	Кількість	0	9	9	5	23
	%	0,0%	7,2%	8,8%	16,1%	7,6%
Слабко забезпечене	Кількість	16	62	55	15	148
	%	36,4%	49,6%	53,9%	48,4%	49,0%
Дуже слабо забезпечене	Кількість	28	53	35	9	125
	%	63,6%	42,4%	34,3%	29,0%	41,4%
Всього	Кількість	44	125	102	31	302
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Підприємства за кількістю працюючих, в яких існує готовність менеджменту до реалізації інструментів Індустрії 4.0

Чи існує готовність менеджменту підприємства до реалізації інструментів Індустрії 4.0?		Розмір підприємства за кількістю працюючих				Всього
		до 10 осіб	11-50 осіб	51-250 осіб	понад 250 осіб	
Так	Кількість	0	1	0	2	3
	%	0,0%	0,8%	0,0%	6,5%	1,0%
Швидше так	Кількість	0	4	10	2	16
	%	0,0%	3,2%	9,8%	6,5%	5,3%
Важко відповісти	Кількість	9	28	22	8	67
	%	20,5%	22,4%	21,6%	25,8%	22,2%
Швидше ні	Кількість	10	31	13	5	59
	%	22,7%	24,8%	12,7%	16,1%	19,5%
Ні	Кількість	25	61	57	14	157
	%	56,8%	48,8%	55,9%	45,2%	52,0%
Всього	Кількість	44	125	102	31	302
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Текст моделі на мові програмування *PATHI* модуля SEPATH

(DELTA1)-->[LOP]

(DELTA1)-1-(DELTA1)
[SENE]-2-[SENE]

(OL)-->[OL1]
(OL)-3->[OL2]
(OL)-4->[OL3]
(OL)-5->[OL4]
(OL)-6->[OL5]
(OL)-7->[OL6]

(DE)-->[DE1]
(DE)-8->[DE2]
(DE)-9->[DE3]
(DE)-10->[DE4]

(SE)-->[SE1]
(SE)-11->[SE2]
(SE)-12->[SE3]

(VE)-->[VE1]
(VE)-13->[VE2]
(VE)-14->[VE3]

(RM)-->[RM1]
(RM)-15->[RM2]
(RM)-16->[RM3]
(RM)-17->[RM4]

(EPSILON1)-->[OL1]
(EPSILON2)-->[OL2]
(EPSILON3)-->[OL3]
(EPSILON4)-->[OL4]
(EPSILON5)-->[OL5]
(EPSILON6)-->[OL6]
(EPSILON7)-->[DE1]
(EPSILON8)-->[DE2]
(EPSILON9)-->[DE3]
(EPSILON10)-->[DE4]
(EPSILON11)-->[SE1]
(EPSILON12)-->[SE2]
(EPSILON13)-->[SE3]
(EPSILON14)-->[VE1]
(EPSILON15)-->[VE2]
(EPSILON16)-->[VE3]

(EPSILON17)-->[RM1]
 (EPSILON18)-->[RM2]
 (EPSILON19)-->[RM3]
 (EPSILON20)-->[RM4]

(EPSILON1)-18-(EPSILON1)
 (EPSILON2)-19-(EPSILON2)
 (EPSILON3)-20-(EPSILON3)
 (EPSILON4)-21-(EPSILON4)
 (EPSILON5)-22-(EPSILON5)
 (EPSILON6)-23-(EPSILON6)
 (EPSILON7)-24-(EPSILON7)
 (EPSILON8)-25-(EPSILON8)
 (EPSILON9)-26-(EPSILON9)
 (EPSILON10)-27-(EPSILON10)
 (EPSILON11)-28-(EPSILON11)
 (EPSILON12)-29-(EPSILON12)
 (EPSILON13)-30-(EPSILON13)
 (EPSILON14)-31-(EPSILON14)
 (EPSILON15)-32-(EPSILON15)
 (EPSILON16)-33-(EPSILON16)
 (EPSILON17)-34-(EPSILON17)
 (EPSILON18)-35-(EPSILON18)
 (EPSILON19)-36-(EPSILON19)
 (EPSILON20)-37-(EPSILON20)

(ZETA1)-->(OL)
 (ZETA2)-->(DE)
 (ZETA3)-->(SE)
 (ZETA4)-->(VE)
 (ZETA5)-->(RM)

(ZETA1)-38-(ZETA1)
 (ZETA2)-39-(ZETA2)
 (ZETA3)-40-(ZETA3)
 (ZETA4)-41-(ZETA4)
 (ZETA5)-42-(ZETA5)

[SENE]-43->(DE)
 [SENE]-44->(SE)
 [SENE]-45->(VE)
 (OL)-46->(RM)
 (OL)-47->[LOP]
 [SENE]-48->[LOP]

(EPSILON2)-49-(EPSILON3)
 (EPSILON2)-50-(EPSILON6)
 (EPSILON3)-51-(EPSILON6)
 (EPSILON17)-52-(EPSILON19)

Розрахунок значень Heterotrait-Monotrait Ratio

	OL1	OL2	OL3	OL4	OL5	OL6	DE1	DE2	DE3	DE4	SE1	SE2	SE3	VE1	VE2	VE3	RM1	RM2	RM3	RM4
OL1																				
OL2	0,621496																			
OL3	0,714226	0,730437																		
OL4	0,676214	0,589764	0,665891																	
OL5	0,716708	0,597213	0,633558	0,635826																
OL6	0,773731	0,579452	0,643537	0,696172	0,773472															
DE1	0,268074	0,230251	0,297863	0,290473	0,238919	0,206672														
DE2	0,199100	0,196057	0,234104	0,250485	0,199821	0,183637	0,629434													
DE3	0,255156	0,224094	0,260808	0,251451	0,217986	0,195587	0,869932	0,601978												
DE4	0,229508	0,165510	0,184493	0,182013	0,176343	0,275674	0,129909	0,156907	0,092837											
SE1	0,234243	0,104425	0,247672	0,278337	0,187131	0,229431	0,376677	0,356121	0,274796	0,232345										
SE2	0,203159	0,155026	0,226281	0,225421	0,189931	0,248932	0,223820	0,257932	0,184272	0,203087	0,512682									
SE3	0,301024	0,262667	0,318088	0,319033	0,264715	0,295979	0,246940	0,284576	0,158227	0,171691	0,459408	0,414063								
VE1	0,168276	0,203123	0,319337	0,245570	0,133368	0,172669	0,323420	0,360233	0,334708	0,168742	0,238042	0,310766	0,270112							
VE2	0,193875	0,264623	0,330027	0,270608	0,121572	0,223380	0,189454	0,216096	0,212033	0,097587	0,300644	0,345145	0,313118	0,691648						
VE3	0,042354	0,079189	0,190059	0,070143	-0,030071	0,058206	0,034647	0,164228	0,022811	0,124570	0,400766	0,318283	0,380718	0,613003	0,639662					
RM1	0,461690	0,375046	0,424811	0,489029	0,370289	0,438745	0,282170	0,250498	0,284596	0,188929	0,216569	0,174453	0,226014	0,199169	0,175364	0,123425				
RM2	0,387338	0,402583	0,492584	0,510490	0,395335	0,418002	0,231387	0,218852	0,217556	0,141334	0,231387	0,301193	0,321766	0,425342	0,349640	0,276471	0,492481			
RM3	0,213805	0,213695	0,289661	0,176795	0,209921	0,279120	0,146417	0,253764	0,164209	0,251104	0,270742	0,229696	0,249891	0,466251	0,414522	0,373477	0,097338	0,269351		
RM4	0,539079	0,466128	0,518939	0,598119	0,497840	0,560461	0,310011	0,269755	0,323975	0,236705	0,253019	0,293760	0,302250	0,388921	0,332450	0,208286	0,503202	0,656591	0,347636	

Monotrait Correlations		Heterotrait Correlation		HTMT Ratio
OL	0,670	OL-DE	0,226	0,429
DE	0,413	OL-SE	0,238	0,429
SE	0,462	OL-VE	0,170	0,258
VE	0,648	OL-RM	0,405	0,789
RM	0,394	DE-SE	0,248	0,566
		DE-VE	0,187	0,362
		DE-RM	0,236	0,584
		SE-VE	0,320	0,584
		SE-RM	0,256	0,599
		VE-RM	0,311	0,615

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Наукові праці, в яких опубліковано основні результати дисертації

1.1. Публікації, які індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus / Web of Science

1. N. Shpak, L. Maznyk, Z. Dvulit, K. Doroshkevych, N. Horbal and S. Kis, “Smart Contract as a Way to Exchange Digital Values in Blockchain,” 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2021, pp. 403-406, doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648635. (Scopus) *(Особистий внесок автора: проведено SWOT-аналіз переваг, недоліків, можливостей і загроз технології блокчейн та досліджено особливості реалізації Smart Contract як способу обміну цифровими цінностями в Blockchain).*

2. Ohinok S., Gvozd M., Kis S., Prysiazhniuk Y. "Modeling the impact of digitalization on the development of smart systems of internet trade." In: Computer Sciences and Information Technologies: Materials of the 18th International Scientific and Technical Conference CSIT-2023 (Lviv, October 19-21, 2023). DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324237. (Scopus) *(Особистий внесок автора: обґрунтовано ключову роль цифровізації в розвитку Smart Systems, які є основою Інтернет-торгівлі. Наведено переваги Інтернет-торгівлі та значення її розвитку як важливої галузі економіки).*

1.2. Публікації у наукових фахових виданнях України

3. Шпак, Н., Кісь, С. (2022). Особливості формування системи менеджменту «розумними підприємствами». Економіка та суспільство, (42). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-51> *(Особистий внесок автора: охарактеризовано основні типи підприємств, в залежності від епіцентру діджитал-трансформацій, – «цифрові» (Digital), «розумні» (Smart) і «віртуальні» (Virtual) та виокремлено основні переваги підприємств, у яких відбулася цифрова трансформація бізнесу).*

4. Кісь С. Розвиток Індустрії 4.0: можливості та бар'єри для вітчизняних підприємств. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2022. Випуск 63. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/ves.2022.63.0>

5. Шпак Н., Кісь С. Трансформація систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку індустрії 4.0. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор». Випуск 2 (75) 2024. С. 380-385. *(Особистий внесок автора: описано процес цифрової трансформації підприємств в умовах індустрії 4.0. та схематично представлено зміни внутрішнього середовища організацій, викликаних цифровою трансформацією бізнесу та сформовано особливості менеджменту розумних підприємств).*

6. Шпак Н., Кісь С. Підходи до реалізації цифрової трансформації бізнес-процесів підприємства: управлінський аспект. Інтелект XXI № 2'2024. Ст. 88-94. *(Особистий внесок автора: представлено відмінності трактування сутності цифровізація, оцифрування та цифрова трансформація та розроблено алгоритм проведення цифрової трансформації підприємства,*

2. Оpubліковані праці апробаційного характеру

7. Шпак, Н., Кісь, С. Розвиток Індустрії 4.0: нові можливості та виклики для сучасних підприємств. Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції "Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи". (м. Київ, 08.12.2022р.) – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 292 с. *(Особистий внесок автора: сформовано переваги, які забезпечуються внаслідок використання технологій, які визнані інструментами Індустрії 4.0).*

8. Шпак Н.О., Кісь С.Ю. «Розумне підприємство»: аналіз категорійного апарату. Тези доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції «Управління інноваційним процесом в Україні: напрями розвитку». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/mipu/abstracts-2022>, вільний. *(Особистий внесок автора: виокремлено та охарактеризовано компоненти розумних підприємств).*

9. Kis S.Y. Industry 4.0 and 5.0: a comparative aspect. Abstracts of international scientific-practical conference «current issues of economics, finance, management and law in modern conditions» January 10, 2023. Rivne, Ukraine – 2023. С. 68. *(Особистий внесок автора: наведено ключові відмінності між Індустрією 4.0. та 5.0.).*

10. Мельник Д., Кісь С., Остащук Р. Управління бізнес-проєктами в умовах підвищення конкурентоспроможності туристичних підприємств / Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих учених «Перспективи популяризації історичної спадщини та культурного туризму в Україні: досвід європейських країн», (м. Львів, 9-10 травня 2024 р.). *(Особистий внесок автора: виокремлено основні відмінності між бізнес-проєктами у туризмі та проєктами у інших галузях).*

Додаток Ж

Відомості про апробацію результатів

№ з/п	Тип конференції	Назва конференції	Місце і дата проведення	Форма участі
1	III Міжнародна науково-практична конференція	Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи	Київ 08 грудня 2022р	заочно
2	IX Міжнародна науково-практична конференція	Управління інноваційним процесом в Україні: напрями розвитку	Львів 17 травня 2022 р.	очно
3	Міжнародна науково-практична конференція	Current issues of economics, finance, management and law in modern conditions	Рівне 10 січня 2023	заочно
4	II Міжнародна науково-практична конференція студентів і молодих учених	Перспективи популяризації історичної спадщини та культурного туризму в Україні: досвід європейських країн	м. Львів, 9-10 травня 2024 р.	очно

Додаток 3

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
д.т.н., проф. Іван ДЕМИДОВ
«_____» _____ 2025 р.

АКТ

про використання результатів дисертаційної роботи Кіся Святослава Юліановича на тему «Формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент», при виконанні науково-дослідної роботи кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Національного університету «Львівська політехніка» за темою «Формування систем менеджменту розумних підприємств в умовах міжнародної діджиталізації та інтелектуалізації»

Комісія у складі – начальника НДЧ д.т.н., ст. дослідника Романа НЕБЕСНОГО, зав. відділу науково-організаційного супроводу наукових досліджень, к.т.н. Галини ЛАЗЬКО, в.о. заступника начальника планово-фінансового відділу Ірини ФАСТ та завідувача кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва к.е.н., проф. Ліани ЧЕРНОБАЙ цим актом підтверджує, що результати дисертаційної роботи здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент» Святослава Кіся щодо формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії використані при виконанні науково-дослідної роботи кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Національного університету «Львівська політехніка» за темою: «Формування систем менеджменту розумних підприємств в умовах міжнародної діджиталізації та інтелектуалізації» (номер державної реєстрації 0120U100985).

Зокрема, у рамках виконання означеної науково-дослідної роботи Святославом КІСЬ узагальнено трактування терміну «розумне підприємство» та охарактеризовано основні типи підприємств, в залежності від епіцентру діджитал-трансформацій: «цифрові» (Digital), «розумні» (Smart) і «віртуальні» (Virtual), обґрунтована актуальність переходу суб'єктів господарювання на рівень «розумного підприємства» та описано основні елементи процесу переходу суб'єкта господарювання на рівень «розумного підприємства», що в сукупності забезпечить синергетичний ефект у досягненні максимальної ефективності від цифрової трансформації та значне зростання результатів діяльності підприємства. Виокремлено основні переваги підприємств, у яких відбулася цифрова трансформація.

Голова комісії:
Начальник НДЧ,
д.т.н., ст. досл.

Роман НЕБЕСНИЙ

Члени комісії:

зав. відділу НОСНД, к.т.н.

Галина ЛАЗЬКО

в.о. заст. нач. ПФВ

Ірина ФАСТ

завідувач кафедри ММП
к.е.н., проф.

Ліана ЧЕРНОБАЙ

Додаток К

0004461



УКРАЇНА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, тел. (380-32) 237-49-93, 258-21-11, факс: (380-32) 258-26-80
ел. пошта: coffice@lpnu.ua, інтернет: www.lpnu.ua

30.04.2025 № 67-01-582

на № _____

Довідка

**про використання у навчальному процесі результатів дисертаційної роботи
Кіся Святослава Юліановича на тему «Формування систем менеджменту
«розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії»**

Основні положення та результати дисертаційної роботи Кіся Святослава Юліановича «Формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-Індустрії», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент», впроваджені у навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» та використовуються під час викладання дисципліни «Цифровізація міжнародних бізнес-структур» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 073 «Менеджмент»).

Зокрема, у навчальному процесі впроваджено запропоновані Кісь С.Ю. методико-прикладні положення щодо:

- класифікації розумних підприємств (тема 3 «Управлінські інформаційні системи. Автоматизація процесів управління на підприємствах і в організаціях»);
- застосування моделі діяльності та менеджменту «розумних підприємств» (тема 4 «Управління цифровізацією міжнародних бізнес-структур»);
- характеристику технологій Індустрії 4.1 та результати SWOT-аналізу діджиталізації вітчизняних підприємств (тема 6 «Характеристики ключових технологій цифрових трансформацій»).

**Проректор з науково-педагогічної роботи
Національного університету «Львівська політехніка»
к.т.н., доцент**



Олег ДАВИДЧАК

Виконавець
Чернобай Л.І., (032) 258-22-89

Додаток Л



Львівська міська рада
Департамент міської мобільності та вуличної інфраструктури
Управління транспорту
ЛКП «Львівелектротранс»
79013, Львів, вул. Сахарова, 2, тел.: (032) 238-68-50

10.04.2025 № 1/359

на № _____ від _____

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи
Кіся Святослава Юліановича
на тему «Формування систем менеджменту «розумних підприємств»
в умовах розвитку 4D-індустрії»

ЛКП «Львівелектротранс» підтверджує, що результати дисертаційної роботи Кіся Святослава Юліановича на тему "Формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії" були успішно впроваджені в діяльність підприємства.

Основні наукові положення та рекомендації дисертації були використані для оптимізації системи управління виробничими процесами, модернізації інформаційних систем підприємства та підвищення рівня автоматизації бізнес-процесів. Застосування результатів дослідження сприяло покращенню операційної ефективності, гнучкості управління, а також дозволило знизити витрати на ресурси.

Ця довідка видана для підтвердження впровадження результатів наукової роботи у практичну діяльність ЛКП «Львівелектротранс».

Директор



Василь ПЕЦУХ

Додаток М

Акціонерне товариство «Укртелеком»
Львівська філія
вул. Дорошенка, 43
м. Львів, 79000, Україна
Тел.: (032)261-21-21
Факс: (032)297-02-17



07.02.2025 № 07-02/03

ДОВІДКА

**про використання результатів дисертаційної роботи
Кіся Святослава Юліановича
на тему «Формування систем менеджменту «розумних
підприємств»
в умовах розвитку 4D-індустрії»**

Дана довідка підтверджує, що результати дисертаційної роботи Кіся Святослава Юліановича "Формування систем менеджменту «розумних підприємств» в умовах розвитку 4D-індустрії" були впроваджені в діяльність Львівської філії АТ «УКРТЕЛЕКОМ».

Зокрема, запропонований алгоритм зміни бізнес-моделі був використаний для розробки нової бізнес-моделі управління підприємством з акцентом на впровадження інноваційних технологій і забезпечення адаптивності бізнес-процесів в умовах розвитку 4D-індустрії. Використання цих результатів дозволило підвищити ефективність виробничих процесів, поліпшити управління ресурсами та забезпечити конкурентні переваги компанії.

Директор
ЛФ АТ «УКРТЕЛЕКОМ»



Тарас АНДРУХІВ