

УДК 330.33+004
JEL: C31; O31; P51; Q01; Q56
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-10-334-345>

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ВПРОВАДЖЕННЯ ПРАКТИК ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

©2025 ЛЕСЬКІВ В. В.

УДК 330.33+004
JEL: C31; O31; P51; Q01; Q56

Леськів В. В. Оцінка впливу цифрових технологій на впровадження практик циркулярної економіки

Мета статті полягає в тому, щоб здійснити емпіричну оцінку впливу цифрових технологій на впровадження практик циркулярної економіки в українських компаніях. Таку оцінку здійснено у двох напрямках (за розмірами підприємств та за видами економічної діяльності) та на трьох рівнях (загальний рівень впровадження цифрових технологій, рівень впровадження окремих видів цифрових технологій, рівень впровадження цифрових технологій у взаємозв'язку з циркулярною економікою). Встановлено, що загальний рівень впровадження цифрових технологій суттєво відрізняється залежно від розміру української компанії, при цьому більші компанії демонструють вищий рівень цифрової інтенсивності. Результати проведеного аналізу українських компаній збігаються із загальними європейськими тенденціями, виявленими в DESI 2022. Близько половини великих підприємств і третини малих підприємств використовують будь-який IoT, тільки кожне десяте підприємство проводить аналіз великих даних і використовує технологію ШІ. Крім того, базовий рівень цифрової інтенсивності українських компаній встановлено як все ще низький. У галузевому розрізі серед одинадцяти досліджуваних видів економічної діяльності найбільш розвиненими виявилися інформація та телекомунікації, тоді як галузі переробної промисловості, транспорту та поштової діяльності, операцій з нерухомістю, сфера адміністративного та допоміжного обслуговування, водопостачання, каналізації, поводження з відходами, будівництва продемонстрували найнижчий ступінь цифровізації. Незважаючи на загальну тенденцію до більшої цифровізації, ступінь реалізації щодо конкретних застосувань окремих видів цифрових технологій значно відрізнявся в різних галузях. Частка підприємств, які використовують цифрові технології загалом, була вищою, ніж частка компаній, які прийняли їх для впровадження практик циркулярної економіки. Це може означати, що, хоча цифрові технології непрямо використовуються для циркулярної економіки, їх застосування в цілому може бути корисним для впровадження практик циркулярної економіки в компаніях. З іншого боку, встановлено сукупний вплив факторів цифрових технологій на окремі сфери циркулярної економіки. Проте ступінь їх впровадження все ще низький, і лише у відносно рідкісних випадках компанії бачать чітко визначені вигоди від цифровізації, спрямовані на підтримку циркулярної економіки. Виявлено вплив цифрових технологій на дві сфери циркулярної економіки: цифрові технології для зменшення споживання енергії та цифрові технології для зменшення кількості матеріалів, що використовуються, або збільшення використання вторинної сировини.

Ключові слова: циркулярна економіка, цифрові технології, види економічної діяльності, великі, середні та малі підприємства, множинна регресія, кореляційний аналіз.

Рис.: 5. Табл.: 3. Бібл.: 10.

Леськів Вікторія Віталіївна – аспірантка кафедри економічної кібернетики, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника (вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна)

E-mail: lesia.dmytryshyn@pnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9861-0539>

UDC 330.33+004
JEL: C31; O31; P51; Q01; Q56

Leskiv V. V. Assessing the Impact of Digital Technologies on the Adoption of Circular Economy Practices

The aim of this article is to carry out an empirical assessment of the impact of digital technologies on the adoption of circular economy practices in Ukrainian companies. This assessment was conducted in two directions (by company size and by type of economic activity) and at three levels (the overall level of digital technology adoption, the level of adoption of specific types of digital technologies, and the level of adoption of digital technologies in relation to the circular economy). It was found that the overall level of digital technology adoption differs significantly depending on the size of the Ukrainian company, with larger companies showing a higher level of digital intensity. The results of the analysis of Ukrainian companies align with general European trends identified in DESI 2022. About half of large enterprises and a third of small enterprises use some form of IoT, but only one in ten enterprises performs big data analysis and uses AI technology. Furthermore, the basic level of digital intensity of Ukrainian companies is still low. By industry, among the eleven types of economic activities studied, information and telecommunications were the most developed, whereas the manufacturing, transport and postal services, real estate operations, administrative and support services, water supply, sewerage, waste management, and construction sectors showed the lowest level of digitalization. Despite the overall trend toward greater digitalization, the degree of adoption of specific applications of individual types of digital technologies varied significantly across different sectors. The proportion of enterprises that use digital technologies in general was higher than the proportion of companies that adopted them to implement circular economy practices. This may suggest that, although digital technologies are indirectly applied to the circular economy, their overall use can be beneficial for implementing circular economy practices in companies. On the other hand, a significant cumulative impact of digital technology factors on specific areas of the circular economy has been identified. However, their level of implementation remains low, and only in relatively rare cases do companies see clearly defined benefits from digitalization aimed at supporting the circular economy. The impact of digital technologies has been observed in two areas of the circular economy: digital technologies for reducing energy consumption and digital technologies for reducing the amount of materials used or increasing the use of secondary raw materials.

Keywords: circular economy, digital technologies, types of economic activity, large, medium and small enterprises, multiple regression, correlation analysis.

Fig.: 5. Tabl.: 3. Bibl.: 10.

Leskiv Viktoriia V. – Postgraduate Student of the Department of Economic Cybernetics, Vasyl Stefanyk Carpathian National University (57 Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine)

E-mail: lesia.dmytryshyn@pnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9861-0539>

Циркулярна економіка (ЦЕ) є ефективною парадигмою для вирішення проблем сталого розвитку. Вона замінює концепцію завершення терміну служби різними стратегіями, спрямованими на усунення відходів за допомогою найкращого дизайну матеріалів, продуктів, систем і бізнес-моделей. Щоб сприяти поширенню циркулярної економіки, компанії потребують значних зусиль, тому вони повинні повністю переглянути свої поточні системи виробництва та споживання.

Різні стратегії, такі як відмова, переосмислення, скорочення, повторне використання, ремонт, реконструкція, переробка, перепрофілювання, відновлення, сприяють циркулярній економіці. Всі вони можуть бути реалізовані за допомогою дій, зосереджених на аспектах циркулярної економіки, а саме – практики циркулярної економіки. Компанії можуть брати участь у різних стратегіях, щоб покращити свою ефективність, пов'язану з круговим циклом, що приведе до підвищення економічної, екологічної та соціальної ефективності. Проте компаніям важко впроваджувати циркулярну економіку, причому багато компаній усе ще погано розуміють її, що згодом призводить до обмеженого впровадження відповідних практик.

Автори [1] встановлюють, що одним із ключових інноваційних підходів до інтеграції циркулярної економіки є використання цифрових технологій, таких як штучний інтелект, великі дані та Інтернет речей, що сприяє оптимізації процесів виробництва та управління ресурсами. На думку авторів [2], цифрові технології, такі як Інтернет речей, великі дані, блокчейн і штучний інтелект, відіграють ключову роль у підтримці та розвитку циркулярної економіки.

Тому постає питання проведення емпіричної оцінки, чи дійсно цифрові технології впливають на циркулярну економіку, і якщо так – то якою мірою. Також цікавим питанням є аналіз впливу цифрових технологій окремо та загалом на циркулярну економіку.

Варто зауважити, що в науковій літературі вже існують різні дослідження такого типу. Зокрема, наявні дослідження бар'єрів [3] і факторів [4] для того, щоб цифровізація сприяла циркулярній економіці, але вони не досліджують впровадження практики циркулярної економіки та впровадження технологій. Інші дослідження зосереджені на внеску певних цифрових технологій, таких як штучний інтелект або блокчейн, у циркулярну економіку [5], не обговорюючи можливі синергії з іншими цифровими технологіями. Крім того, вони покладаються на якісні підходи, такі як тематичні дослідження [6], таким чином залучаючи до дослідження обмежену кількість компаній. Кількісні

дослідження з перевіркою гіпотез (наприклад, [7]) присвячені поясненню конструктивних зв'язків, а не наданню практичних рекомендацій щодо впровадження цифрових технологій для стимулювання впровадження практики циклічної економіки.

Тому існує необхідність у подальшому дослідженні цієї теми. Зокрема, в даній статті буде проведено емпіричне дослідження на основі зібраних даних малих, середніх і великих підприємств України, які працюють у різних секторах економіки, щодо впровадження практик циркулярної економіки та впровадження цифрових технологій.

Враховуючи прогалини, виявлені раніше, внесок дослідження є потрійним. *По-перше*, дослідження визначає найбільш застосовувані практики циркулярної економіки та те, чи вони впроваджуються одночасно (в пакетах) чи незалежно (окремо) одна від одної, підкреслюючи особливості щодо розміру компанії та виду економічної діяльності. *По-друге*, проведене дослідження вкаже на найбільш прийнятні цифрові технології та те, як (групами або окремо) вони застосовуються, так само підкреслюючи особливості відповідно до розміру компанії та сектора економіки. *По-третє*, поставлено за мету дослідити взаємозв'язок між циркулярною економікою та цифровими технологіями, виокремлюючи незалежно прийняті набори цифрових технологій, які найбільше стимулюють впровадження практики циркулярної економіки.

Мета статті полягає в тому, щоб здійснити емпіричну оцінку впливу цифрових технологій на впровадження практик циркулярної економіки.

Оцінку впливу цифрових технологій на впровадження практик циркулярної економіки запропоновано здійснити у двох напрямках (за розмірами підприємств і за видами економічної діяльності) та на трьох рівнях:

- ✦ оцінити загальний рівень впровадження цифрових технологій. Для цього буде використано один із статистичних показників індексу цифрової економіки та суспільства (DESI) – оцінку рівня цифрової інтенсивності;
- ✦ оцінити рівень впровадження окремих видів цифрових технологій. Для цього буде визначено частку кількості підприємств за видами цифрових технологій;
- ✦ оцінити рівень впровадження цифрових технологій у взаємозв'язку з циркулярною економікою. Для цього буде визначено частку підприємств, що використовують цифрові технології у взаємозв'язку з циркулярною економікою.

Оскільки певна частина компаній більше використовують цифрові технології загалом, ніж для

впровадження практик циркулярної економіки, буде проведено кореляційний аналіз, щоб переконатися, чи позитивно корелює з використанням цифрових технологій для впровадження практик циркулярної економіки ступінь впровадження цифрових технологій загалом. Далі за допомогою побудови множинної регресії буде проаналізовано сукупний вплив упровадження цифрових технологій загалом на показники використання цифрових технологій для впровадження практик циркулярної економіки.

ЗАГАЛЬНИЙ РІВЕНЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Спочатку проаналізуємо загальний рівень цифровізації. Для цього використано один зі статистичних показників індексу цифрової економіки та суспільства (DESI) – оцінку рівня цифрової інтенсивності [8]. Рівень цифрової інтенсивності базується на підрахунку кількості індикаторів, що визначають рівень цифрової інтенсивності, яким відповідає підприємство. Базовий рівень цифрової інтенсивності відповідає ситуації, коли рівень цифрової інтенсивності передбачає використання на рівні підприємства 4 або більше індикаторів із 12 індикаторів, що визначають рівень цифрової інтенсивності [8].

На рис. 1 відображено зміну кількості підприємств із принаймні базовим рівнем цифрової інтенсивності, за кількістю зайнятих працівників у 2024–2025 роках. Як видно, частка таких компаній найнижча серед малих підприємств (від 10 до 49 осіб) – 19,7% та 20,0% у 2024 р. і 2025 р. відповідно, тобто кожна п'ята мала компанія має принаймні базовий рівень цифрової інтенсивності.

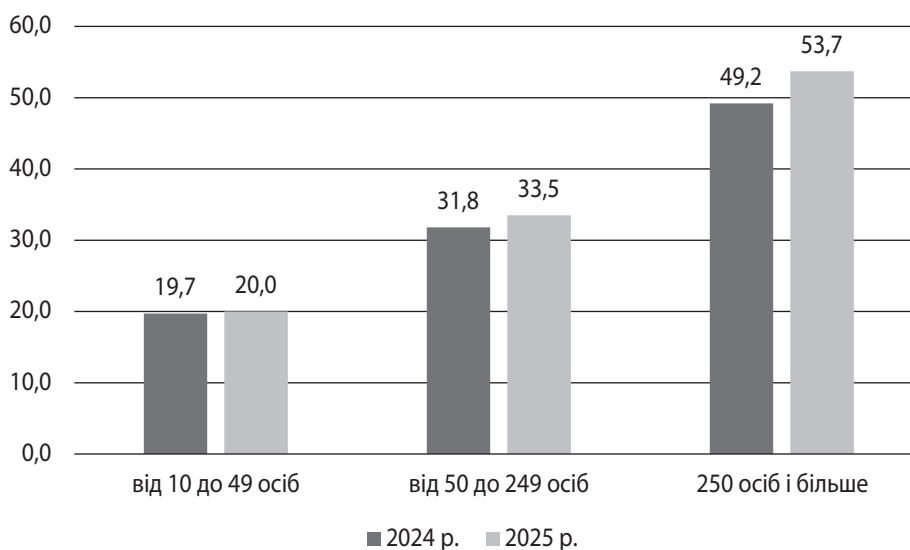


Рис. 1. Частка кількості підприємств із принаймні базовим рівнем цифрової інтенсивності, за кількістю зайнятих працівників, %

Джерело: розроблено на основі [8].

Для середніх підприємств (від 50 до 249 осіб) цей показник охоплював приблизно третину всіх середніх компаній (31,8% і 33,5% у 2024 р. і 2025 р. відповідно). Найвища частка з базовим рівнем цифрової інтенсивності серед великих підприємств – майже кожна друга компанія впроваджує цифрові технології на такому рівні (49,2% і 53,7% у 2024 р. і 2025 р. відповідно). Це свідчить про те, що розмір компанії впливає на можливість впровадження нею цифрових технологій. Також варто зауважити, що і швидкість впровадження ІТ залежить від розміру компанії. Зокрема, за 2024–2025 рр. базовий рівень цифрової інтенсивності зріс на 0,3%, 1,7% та 4,5% відповідно для малих, середніх і великих підприємств. Тобто швидкість цифровізації знову ж таки найвища у великих компаній.

На рис. 2 відображено частку підприємств із принаймні базовим рівнем цифрової інтенсивності, за видами економічної діяльності у 2024–2025 рр. Інформація та телекомунікації мають найвищий рівень впровадження цифрових технологій – 51,6% і 50,7% у 2024 р. і 2025 р. відповідно. Практично в п'ять разів нижчим є рівень цифрової інтенсивності у сфері будівництва 12,1% та 11,6% відповідно у 2024 р. і 2025 р. Загалом варто відмітити низький рівень цифрової інтенсивності (менше п'ятої частини підприємств) у галузях переробної промисловості, транспорту та поштової діяльності, операцій з нерухомістю, сфері адміністративного та допоміжного обслуговування, водопостачання, каналізації, поводження з відходами, будівництва. Середній рівень (більше третини підприємств) має місце у сфері ІКТ, готельній та ресторанній сфері, торгівлі, ремонті, науковій сфе-



Рис. 2. Частка кількості підприємств із принаймні базовим рівнем цифрової інтенсивності, за видами економічної діяльності, %

Джерело: розроблено на основі [8].

рі. Також варто відмітити незначне зниження (від –1,4% до –0,1%) рівня цифрової інтенсивності у 2025 р. порівняно з 2024 р. у сфері ІКТ, операцій з нерухомістю, сфері адміністративного та допоміжного обслуговування, водопостачання, каналізації, поводження з відходами, будівництва та суттєве зростання (+8,4%) у готельній та ресторанній сферах.

У середньому впровадження цифрових технологій у масштабах підприємств за видом економічної діяльності є відносно низьким – 23,5% і 24,3% у 2024 р. і 2025 р. відповідно.

РІВЕНЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ОКРЕМИХ ВИДІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Що стосується використання конкретних видів цифрових технологій (рис. 3), результати показують, що компанії, маючи інструменти для їх використання (фіксований доступ до інтернету становив 82,9–93,8% за 2024–2025 рр.), на початковій стадії застосовують технології штучного інтелекту (в середньому 6,4%), мобільний додаток для клієнтів (у середньому 6,4%), при цьому в середньому 50,1% з них мають вебсайт. Використання програмного забезпечення для бізнесу теж знаходиться на низькому рівні – середні значення становлять 9,2%, 12,9% і 25,6% для BI (*Business Intelligence* – інструменти для аналізу даних і прийняття рішень: звіти, дашборди, прогнози), CRM (*Customer Relationship*

Management – система для управління взаємовідносинами з клієнтами: продажі, маркетинг, підтримка) та ERP (*Enterprise Resource Planning* – система для управління ресурсами підприємства: фінанси, логістика, виробництво, персонал) відповідно.

23,3% підприємств у середньому купують послуги хмарних обчислень, а 25,6% – здійснюють обмін даними в електронному вигляді (EDI) з постачальниками або клієнтами в ланцюгу постачання. 27,2% у середньому проводять аналіз «великих даних». Тобто приблизно кожне четверте підприємство використовує системи, які працюють на традиційних базах даних і серверних технологіях (ERP); централізовані сервіси, які надають доступ до обчислювальних потужностей, зберігання даних, аналітики (хмарні обчислення); стандартизований спосіб передачі комерційних документів (наприклад, накладних, замовлень, рахунків) між компаніями в електронному вигляді (EDI) та великі дані для аналітики. Варто також відмітити, що чим менше за розміром підприємство, тим менша його частка у використанні цифрових технологій, що також підтверджує висновки в [9]. Причому різниця у використанні може становити від 2 до 7 разів. Наприклад, у 7 разів рідше використовується програмне забезпечення BI у малих підприємствах, ніж у великих; CRM та ERP використовуються у 3 рази рідше відповідно. Малі компанії вдвічі рідше

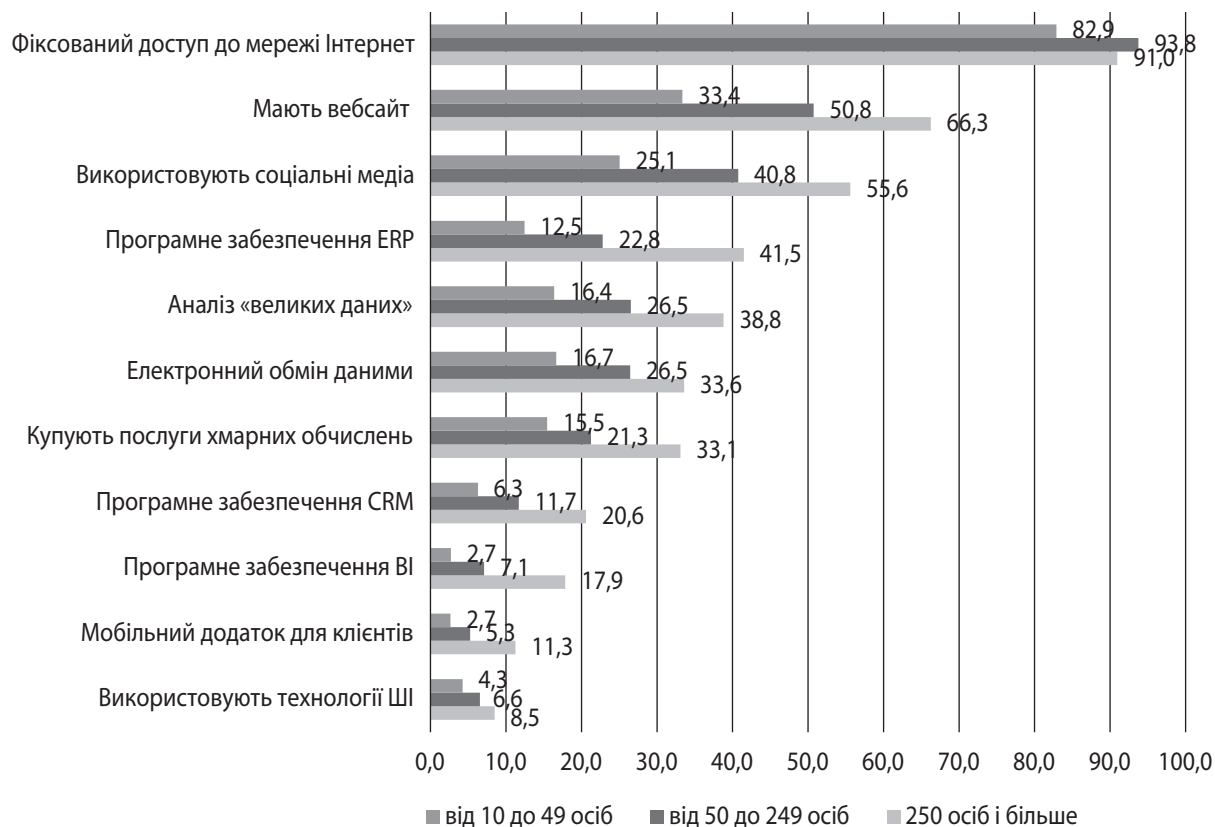


Рис. 3. Частка кількості підприємств за видами цифрових технологій у середньому у 2024–2025 рр., %
Джерело: розроблено на основі [8].

за великі мають вебсайт, використовують соціальні медіа, електронний обмін даними, технології ШІ, купують послуги хмарних обчислень та проводять аналіз «великих даних». При цьому фіксований доступ до мережі Інтернет для малих, середніх і великих компаній практично не відрізняється.

У табл. 1 наведено частку кількості підприємств за видами цифрових технологій, за видами економічної діяльності в середньому у 2024–2025 рр. Для візуального сприйняття використано умовне форматування кольоровими шкалами в Excel. У легенді табл. 1 червоним відтінком відмічено найменший рівень використання окремих видів цифрових технологій, зеленим – найбільший рівень. Усі проміжні відтінки – проценти використання окремих видів цифрових технологій.

Отже, найчастіше компанії всіх секторів економіки використовують *фіксований доступ до мережі Інтернет*. Найрідше використовують:

- ✦ *мобільний додаток для клієнтів* – переробна промисловість, будівництво, транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність, операції з нерухомим майном, професійна, наукова та технічна діяльність;

- ✦ *штучний інтелект* – інформація та телекомунікації, постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря;
- ✦ *програмне забезпечення BI* – тимчасове розміщування й організація харчування, діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування.

РІВЕНЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ З ЦИРКУЛЯРНОЮ ЕКОНОМІКОЮ

На рис. 4 наведено частку підприємств, що використовують цифрові технології у взаємозв'язку з циркулярною економікою за розмірами підприємств у 2025 р. Спостерігається та сама тенденція зміни показників, що і для цифрових технологій загалом. Тобто участь малих компаній значно менша за участь великих і середніх за розміром підприємств: у 3,06 та 3,81 рази нижче за кожним показником відповідно.

Щодо спільного використання цифрових технологій та циркулярної економіки за видами економічної діяльності (рис. 5), то:

- ✦ найбільша частка компаній за зменшенням споживання енергії припадає на сектори постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (27,1%), а також тим-

Таблиця 1

Частка кількості підприємств за видами цифрових технологій, за КВЕД у 2024–2025 рр., %

Вид економічної діяльності	Фіксований доступ до мережі Інтернет	Мобільний додаток для клієнтів	Мають вебсай	Використовують соціальні медіа	Програмне забезпечення ERP	Програмне забезпечення CRM	Програмне забезпечення BI	Електронний обмін даними	Аналіз «великих даних»	Купують послуги хмарних обчислень	Використовують технології ШІ
Переробна промисловість	87,1	2,1	47,5	30,0	17,3	6,2	3,3	19,3	17,8	13,5	4,8
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	92,0	6,4	48,8	31,0	24,6	11,7	8,3	25,0	24,2	17,4	3,6
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	88,0	8,3	28,0	37,1	12,6	4,5	2,2	15,2	18,4	10,3	4,4
Будівництво	81,6	1,1	25,4	20,3	10,9	2,9	1,2	13,4	13,7	10,5	4,2
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів	86,8	5,3	44,4	33,3	17,6	13,0	6,8	25,5	24,9	17,9	5,8
Імотоциклів											
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	84,1	2,3	21,5	21,1	13,9	5,8	3,4	18,5	19,4	12,4	4,1
Тимчасове розмішування й організація харчування	85,4	10,6	41,7	49,3	12,3	7,5	2,4	17,2	21,9	12,4	5,7
Інформація та телекомунікації	88,5	7,7	56,7	49,4	23,5	18,2	10,2	24,7	28,5	26,7	7,0
Операції з нерухомим майном	86,2	1,7	22,5	20,0	13,6	3,6	2,6	12,2	13,0	10,6	3,6
Професійна, наукова та технічна діяльність	82,9	1,9	47,3	33,7	15,6	9,6	6,2	15,4	21,0	22,5	6,0

Закінчення табл. 1

Вид економічної діяльності	Фіксований доступ до мережі Інтернет	Мобільний додаток для клієнтів	Мають вебсай	Використовують соціальні медіа	Програмне забезпечення ERP	Програмне забезпечення CRM	Програмне забезпечення BI	Електронний обмін даними	Аналіз «великих даних»	Купують послуги хмарних обчислень	Використовують технології ШІ
Операції з нерухомим майном	86,2	1,7	22,5	20,0	13,6	3,6	2,6	12,2	13,0	10,6	3,6
Професійна, наукова та технічна діяльність	82,9	1,9	47,3	33,7	15,6	9,6	6,2	15,4	21,0	22,5	6,0
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	79,1	3,7	22,0	24,6	12,7	5,4	2,4	15,7	12,8	10,4	4,1

Форматувати всі клітинки на основі їх значень:

Стиль формату: Триколірна шкала

Мінімальне значення

Середнє значення

Максимальне значення

Тип: Найменше значення

Процентиль

Найбільше значення

Значення: (Найменше значення)

50

(Найбільше значення)

Колір:

Попередній перегляд:

Джерело: розроблено на основі [8].

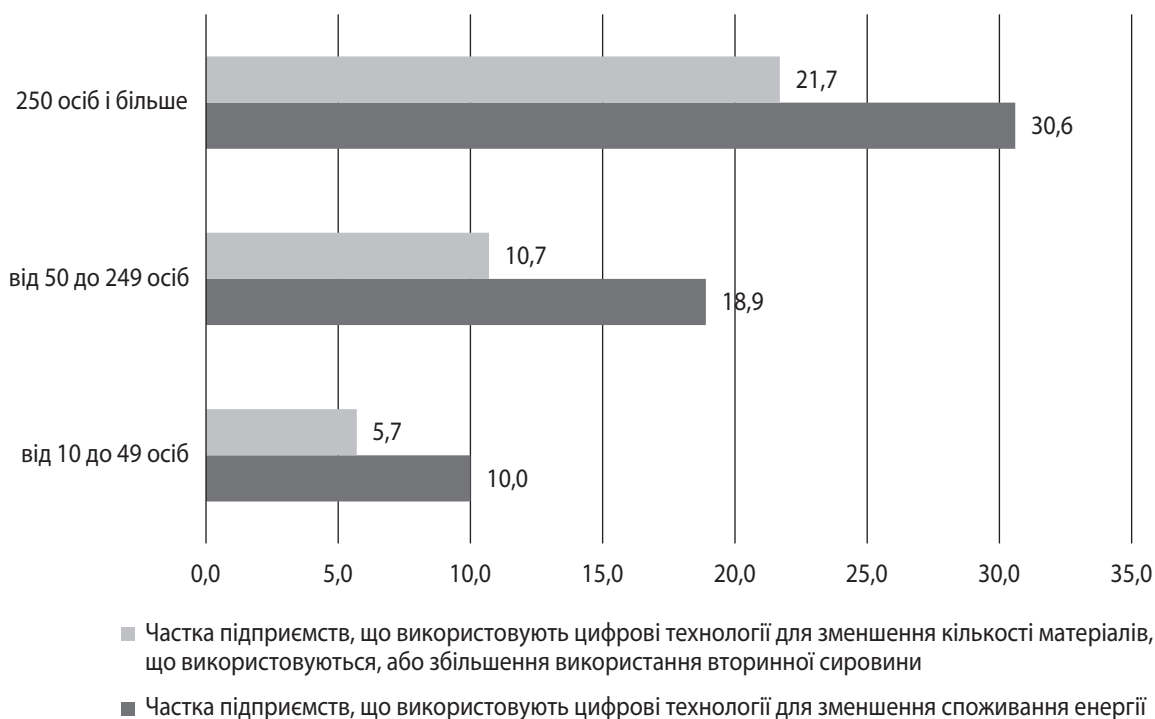


Рис. 4. Частка підприємств, що використовують цифрові технології у взаємозв'язку з циркулярною економікою, за розмірами підприємств у 2025 р., %

Джерело: розроблено на основі [8].



Рис. 5. Частка підприємств, що використовують цифрові технології у взаємозв'язку з циркулярною економікою за КВЕД у 2025 р., %

Джерело: розроблено на основі [8].

часового розміщування й організації харчування (22,6%);

✦ найбільша частка компаній за зменшенням кількості матеріалів, що використовуються,

або збільшенням використання вторинної сировини, припадає на сектори тимчасового розміщування й організації харчування (12,9%) та переробну промисловість (11,2%).

Оскільки певна частина компаній більше використовують цифрові технології загалом, ніж для впровадження практик циркулярної економіки, було проведено аналіз, щоб переконатися, чи позитивно корелює з використанням цифрових технологій ступінь впровадження цифрових технологій загалом для впровадження практик циркулярної економіки. Було встановлено, що значущість існує з відповідним коефіцієнтом кореляції Пірсона (табл. 2). Як і для табл. 1, було використано умовне форматування кольоровими шкалами в Excel. Таким чином, прямий помірний зв'язок встановлено між часткою підприємств, що використовують цифрові технології для зменшення споживання енергії, та:

- ✦ фіксованим доступом до мережі Інтернет;
- ✦ мобільним застосунком для клієнтів;
- ✦ використанням програмного забезпечення ERP.

Уся решта показників демонструють відсутність зв'язку між використанням цифрових технологій загалом і цифрових технологій для впровадження практик циркулярної економіки.

Далі проаналізовано сукупний вплив упровадження цифрових технологій загалом на показники використання цифрових технологій для впровадження практик циркулярної економіки. Для цього побудовано множинну регресію методом МНК. Для побудови використано 11 незалежних змінних, які представляють види використовуваних цифрових технологій загалом підприємствами різних секторів економіки та 2 залежні змінні, які показують рівень застосування цифрових тех-

нологій для впровадження практик циркулярної економіки.

У табл. 3 наведено підсумкові результати побудованих моделей. Отже, як видно з табл. 3, модель 2 має вищий рівень точності, тобто сукупний вплив усіх незалежних змінних на 83% пояснює зміну залежної змінної – цифрові технології для зменшення кількості матеріалів, що використовуються, або збільшення використання вторинної сировини. Критерій Фішера підтверджує статистичну значущість обох моделей з рівнем значущості 0,08 та 0,001 відповідно. Оцінки параметрів незалежних змінних вказують на прямий чи обернений вплив на залежну змінну. Зокрема, в моделі 1 використання програмного забезпечення CRM, електронний обмін даними, аналіз «великих даних» та використання ІІІ мають обернений вплив на використання цифрових технологій для зменшення споживання енергії. У моделі 2, окрім вищезазначених незалежних змінних, обернений вплив також має використання програмного забезпечення ВІ для бізнесу. Таким чином, не завжди використання цифрових технологій загалом веде до покращення показників упровадження практик циркулярної економіки.

Отже, результати проведеного аналізу нагадують загальну європейську тенденцію, виявлену в DESI 2022 [10]. Згідно з DESI 2022 48% великих підприємств і 28% малих підприємств використовують будь-який IoT, 14% підприємств загалом проводять аналіз великих даних, а 8% використовують технологію ІІІ. Дане дослідження виявило приблизно такі самі результати та

Таблиця 2

Коефіцієнт кореляції Пірсона для визначення взаємозв'язку між використанням цифрових технологій загалом і цифрових технологій для впровадження практик циркулярної економіки

Цифрові технології +циркулярна економіка	Частка підприємств, що використовують цифрові технології для зменшення споживання енергії	Частка підприємств, що використовують цифрові технології для зменшення кількості матеріалів, що використовуються, або збільшення використання вторинної сировини
Цифрові технології		
Фіксований доступ до мережі Інтернет	0,68	0,25
Мобільний додаток для клієнтів	0,56	0,33
Мають вебсайт	0,48	0,41
Використовують соціальні медіа	0,42	0,48
Програмне забезпечення ERP	0,52	0,02
Програмне забезпечення CRM	0,28	0,02
Програмне забезпечення ВІ	0,31	-0,09
Обмін даними в електронній формі з постачальниками або клієнтами в ланцюгу постачання	0,41	0,01
Аналіз «великих даних»	0,39	0,15
Купують послуги хмарних обчислень	0,10	0,00
Використовують технології штучного інтелекту	-0,09	0,26

Джерело: розраховано автором.

Результати побудованих моделей сукупного впливу впровадження цифрових технологій загалом на показники використання цифрових технологій для впровадження практик циркулярної економіки

Показник	Модель 1: залежна змінна – цифрові технології для зменшення споживання енергії	Модель 2: залежна змінна – цифрові технології для зменшення кількості матеріалів, що використовуються, або збільшення використання вторинної сировини
Множинний коефіцієнт кореляції, R	0,64	0,83
Стандартна помилка, SE	4,72	3,53
Критерій Фішера, F	1,92	6,19
Рівень значущості F -критерію, P	0,08	0,001
Вільна змінна, x_0	-7,76	-40,32
Фіксований доступ до мережі Інтернет, x_1	0,17	0,47
Мобільний додаток для клієнтів, x_2	0,47	0,24
Мають вебсайт, x_3	0,08	0,01
Використовують соціальні медіа, x_4	0,06	0,07
Програмне забезпечення ERP, x_5	0,41	0,60
Програмне забезпечення CRM, x_6	-0,20	-0,39
Програмне забезпечення BI, x_7	0,10	-0,45
Електронний обмін даними, x_8	-0,18	-0,07
Аналіз «великих даних», x_9	-0,10	-0,27
Купують послуги хмарних обчислень, x_{10}	0,08	0,43
Використовують технології штучного інтелекту, x_{11}	-0,32	-0,07

Джерело: розраховано автором.

було зроблено схожі висновки щодо ступеня впровадження цифрових технологій на підприємствах різних розмірів та видів економічної діяльності, а базовий рівень цифрової інтенсивності встановлено як все ще низький.

У середньому впровадження цифрових технологій у масштабах підприємств за видом економічної діяльності є відносно низьким – 23,5% і 24,3% у 2024 та 2025 роках відповідно. Компанії на початковій стадії застосовують технології штучного інтелекту (в середньому 6,4%). Використання програмного забезпечення для бізнесу теж знаходиться на низькому рівні – середні значення становлять 9,2%, 12,9% і 25,6% для BI, CRM та ERP відповідно. 23,3% підприємств у середньому купують послуги хмарних обчислень, а 25,6% – здійснюють обмін даними в електронному вигляді з постачальниками або клієнтами в ланцюгу постачання. 27,2% у середньому проводять аналіз «великих даних». Чим менше за розміром підприємство, тим менша його частка у використанні цифрових технологій.

Встановлено, що частка підприємств, які використовують цифрові технології загалом, була

вищою, ніж частка компаній, які прийняли їх для впровадження практик циркулярної економіки.

З точки зору отриманих результатів це може означати, що, хоча цифрові технології непрямо використовуються для циркулярної економіки, їх застосування в цілому може бути корисним для впровадження практик циркулярної економіки в компаніях. Хоча не було встановлено прямого причинно-наслідкового зв'язку між упровадженням цифрових технологій загалом та їх упровадженням задля циркулярної економіки, було виявлено їх вплив на дві сфери.

Циркулярна економіка (ЦЕ): 1) цифрові технології для зменшення споживання енергії та 2) цифрові технології для зменшення кількості матеріалів, що використовуються, або збільшення використання вторинної сировини.

ВИСНОВКИ

Результати проведеного дослідження показують, що підприємства на сьогоднішній день рідко використовують цифрові технології для впровадження практик циркулярної економіки, хоча велика частка компаній має у своєму розпорядженні

відповідні ІТ й інші цифрові системи для підтримки бізнес-моделі, продуктів або послуг ЦЕ.

Рівень впровадження цифрових технологій суттєво відрізняється залежно від розміру компанії, при цьому більші компанії демонструють вищий рівень цифрової інтенсивності. Серед 11 досліджуваних галузей найбільш розвиненими виявилися інформація та телекомунікації, тоді як галузі переробної промисловості, транспорту та поштової діяльності, операцій з нерухомістю, сфера адміністративного та допоміжного обслуговування, водопостачання, каналізації, поводження з відходами, будівництва продемонстрували найнижчий ступінь цифровізації. Незважаючи на загальну тенденцію до більшої цифровізації, ступінь реалізації щодо конкретних застосувань окремих видів цифрових технологій значно відрізнявся в різних галузях.

Підтверджено, що цифрові технології можуть підтримувати практики циркулярної економіки, оскільки встановлено сукупний вагомий вплив факторів цифрових технологій на окремі сфери циркулярної економіки. Однак ступінь їх упровадження все ще низький, і лише у відносно рідкісних випадках компанії бачать чітко визначені вигоди від цифровізації, спрямовані на підтримку циркулярної економіки. Враховуючи велике розмаїття потенційних застосувань і відповідну невизначеність, як це відображено в різних наукових дослідженнях, компанії все ще вважають визначення конкретного характеру своїх потреб у цифрових технологіях дещо складним. Таким чином, виявлення масштабованих найкращих практик, які можуть спрямовувати формулювання та реалізацію стратегії цифровізації, ймовірно, буде важливою передумовою для прискорення будь-якого переходу до цифрової циркулярної економіки. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Шелемон В. М., Поверляк Р. П. Інноваційні підходи до інтеграції циркулярної економіки в процесі євроінтеграції: виклики та перспективи. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 4. С. 196–202. DOI: <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-274-196-202>
2. Заблоцька Р. О., Русак Д. М. Циркулярна економіка в умовах трансформаційних змін: цифровізація, глобалізація, інновації. *Бізнес Інформ*. 2024. № 8. С. 113–120. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-8-113-120>
3. Dwivedi A., Moktadir M. A., Chiappetta Jabbour C. J., de Carvalho D. E. Integrating the circular economy and industry 4.0 for sustainable development: Implications for responsible footwear production in

- a big data-driven world. *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 175. Art. 121335. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121335>
4. Behl A., Singh R., Pereira V., Laker B. Analysis of Industry 4.0 and circular economy enablers: A step towards resilient sustainable operations management. *Technological Forecasting and Social Change*. 2023. Vol. 189. Art. 122363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122363>
 5. Sjodin D., Parida V., Kohtamäki M. Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects. *Technological Forecasting and Social Change*. 2023. Vol. 197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122903>
 6. Oghazi P., Mostaghel R., Hultman M. International industrial manufacturers: Mastering the era of digital innovation and circular economy. *Technological Forecasting and Social Change*. 2024. Vol. 201. Art. 123160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123160>
 7. Schoggl J. P., Stumpf L., Baumgartner R. J. The role of interorganizational collaboration and digital technologies in the implementation of circular economy practices – Empirical evidence from manufacturing firms. *Business Strategy and the Environment*. 2024. Vol. 33. Iss. 3. P. 2225–2249. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.3593>
 8. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>
 9. Frank A. G., Dalenogare L. S., Ayala N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*. 2019. Vol. 210. P. 15–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
 10. Digital Economy and Society Index (DESI) 2022. *European Commission*. 2022. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022>

REFERENCES

- Behl, A., Singh, R., Pereira, V., & Laker, B. (2023). Analysis of Industry 4.0 and circular economy enablers: A step towards resilient sustainable operations management. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, Art, 122363. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122363>
- Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. <https://www.ukrstat.gov.ua>
- Digital Economy and Society Index (DESI) 2022. (2022). European Commission. Retrieved from <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022>
- Dwivedi, A., Moktadir, M. A., Chiappetta Jabbour, C. J., & de Carvalho, D. E. (2022). Integrating the circular economy and industry 4.0 for sustainable development: Implications for responsible footwear pro-

duction in a big data-driven world. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, Art. 121335. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121335>

Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>

Oghazi, P., Mostaghel, R., & Hultman, M. (2024). International industrial manufacturers: Mastering the era of digital innovation and circular economy. *Technological Forecasting and Social Change*, 201, Art. 123160. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123160>

Schoggl, J. P., Stumpf, L., & Baumgartner, R. J. (2024). The role of interorganizational collaboration and digital technologies in the implementation of circular economy practices – Empirical evidence from manufacturing firms. *Business Strategy and the Environment*, 33(3), 2225–2249. <https://doi.org/10.1002/bse.3593>

Shelemon, V. M., & Poverlyak, R. P. (2024). Innovatsiini pidkhody do intehratsii tsyrkuliarnoi ekonomiky v protsesi yevrointehratsii: vyklyky ta perspektyvy [Innovative approaches to the integration of circular

economy in the process of European integration: challenges and prospects]. *Aktual'ni Problemy Ekonomiky*, 4, 196–202.

<https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-274-196-202>

Sjodin, D., Parida, V., & Kohtamäki, M. (2023). Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects. *Technological Forecasting and Social Change*, 197.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122903>

Zablotska, R. O., & Rusak, D. M. (2024). Tsyrukuliarna ekonomika v umovakh transformatsiinykh zmin: tsyvrovizatsiia, hlobalizatsiia, innovatsii [Circular economy in the context of transformational changes: digitalization, globalization, innovation]. *Biznes Inform*, 8, 113–120.

<https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-8-113-120>

Науковий рецензент – Дмитришин Л. І.,

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Карпатського національного університету імені Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ)