

Економіко-математичні методи та моделі фінансового розвитку

Economic and mathematical methods and models of financial development

DOI: [10.26565/2786-4995-2022-2-04](https://doi.org/10.26565/2786-4995-2022-2-04)

УДК 330.5:338.2:336.7 (043.5)

Олеся Сунцова

доктор економічних наук, професор, академік АЕНУ,
професор кафедри економічної кібернетики
Університету ДФС України (м. Ірпінь)
вул. Університетська, 31, м. Ірпінь, 08205, Україна,
e-mail: asuntsova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3854-7939

ЕКОНОМЕТРИЧНА ТА ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕСУ В КОНЦЕПЦІЯХ ІНДУСТРІЯ 4.0 ТА 5.0

Анотація. Застосування індустрії 4.0 та 5.0 у контексті становлення смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу та їх перспективного розвитку є дуже актуальною задачею сьогодення. І досі в економічній науці щодо фінансування перспективного розвитку цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці переважає практика оцінки економічного результату від впровадження в практику цифрових бізнес-технологій за методом чистої поточної вартості, яка є різницею доходів та витрат від інвестиційного проекту у діджиталізовану економічну систему, приведену до їх вартості на сьогоднішній день. Основною причиною через яку важку впровадити інновації смарт-економіки та провести цифрову трансформацію бізнесу у відповідності до елементів використання концепцій Індустрія 4.0 та 5.0 це є застосування високих ставок дисконтування. Саме такий підхід до фінансування цифрової трансформації бізнесу при орієнтуванні його на смарт-економіку не дає можливості вирішити багато економічних проблем, в тому числі проблем зі зростання нерівності доходів, стану довкілля, тощо. У багатьох країнах світу ситуація стає настільки тривожною, що вже активно досліджуються фінансистами та економістами та фахівцями різних галузей знань. Натомість світова спільнота неоднозначно сприймає дані проблеми, саме тому питанню дослідження та емпіричного виміру стану смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу у світі, а також перспектив розвитку цифрових бізнес-технологій та систем за умови запровадження Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0 є надзвичайно актуальним.

Зважаючи на актуальність досліджуваної проблематики, метою даної статті є теоретико-емпіричне дослідження стану цифрової трансформації бізнесу та застосування цифрових бізнес-технологій смарт-економіки у концепціях індустрії 4.0 та 5.0.

В цьому контексті можна виокремити основні задачі статті, якими є: проаналізувати можливість застосування цифрової трансформації бізнесу в смарт-економіці у концепції використання Індустрії 4.0 та 5.0., оцінити економічний ефект від запровадження цифрових бізнес-технологій смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу у розрізі їх типів, зробити прогноз розвитку смарт-економіки у концепції Індустрії 4.0 та 5.0 та встановити кореляційні зв'язки між цифровою трансформацією бізнесу та економічним зростанням за переходу на Індустрію 4.0 та можливостей переходу на Індустрію 5.0. Варіанти використання цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці – дискретно фінансовані зусилля, які підтримують конкретну програмну мету – які отримують найбільші витрати, будуть розподілені між трьома стратегічними пріоритетами. Інвестиції в робототехнічне виробництво зростуть до 120,6 мільярдів доларів у 2025 році, після чого підуть автономні операції та 360-градусне керування клієнтами на рівні 90,9 і 74,7 мільярдів доларів відповідно.

Проведене дослідження стану смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу за концепції Індустрія 4.0 та 5.0 вказують на значний потенціал використання цифрових технологій в бізнесі та значний економічний ефект від їх використання, що потребує подальших доробок.

Ключові слова: *смарт-економіка, цифрова економіка, фінансові технології, цифрові технології управління бізнесом, інформаційна економіка, діджиталізація бізнес-процесів, цифрова трансформація бізнесу, Індустрія 4.0, Індустрія 5.0, блокчейн-технології, інтернет речей, Великі дані, Змішана, Доповнена, Віртуальна реальності, хмарні обчислення, штучний інтелект, Розумна фабрика, Цифровий двійник, машинне навчання.*

Рис. 4, Табл. 2, Бібл.:12

Вступ. Застосування індустрії 4.0 та 5.0 у контексті становлення смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу та їх перспективного розвитку є дуже актуальною задачею сьогодення. І досі в економічній науці щодо фінансування перспективного розвитку цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці переважає практика оцінки економічного результату від впровадження в практику цифрових бізнес-технологій за методом чистої поточної вартості, яка є різницею доходів та витрат від інвестиційного проекту у діджиталізовану економічну систему, приведену до їх вартості на сьогоднішній день. Основною причиною через яку важку впровадити інновації смарт-економіки та провести цифрову трансформацію бізнесу у відповідності до елементів використання концепцій Індустрія 4.0 та 5.0 це є застосування високих ставок дисконтування. Саме такий підхід до фінансування цифрової трансформації бізнесу при орієнтуванні його на смарт-економіку не дає можливості вирішити багато економічних проблем, в тому числі проблем зі зростання нерівності доходів, стану довкілля, тощо. У багатьох країнах світу ситуація стає настільки тривожною, що вже активно досліджуються фінансистами та економістами та фахівцями різних галузей знань. Натомість світова спільнота неоднозначно сприймає дані проблеми, саме тому питанню дослідження та емпіричного виміру стану смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу у світі, а також перспектив розвитку цифрових бізнес-технологій та систем за умови запровадження Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0 є надзвичайно актуальним. В останні роки розвинені країни світу, зокрема США, Канада, Японія, Китай, Австралія, Південна Корея, Індія почали активно впроваджувати моделі цифрової трансформації бізнесу та побудови власних смарт-економік з виокремленням складових моделей інформаційної економіки. Країни Європи, в першу чергу члени ЄС, виступають лідерами так званої «модернізації бізнес-технологій» економічного розвитку із застосуванням переходу до Індустрії 5.0, суттєво випереджуючи наукове обґрунтування таких складових фінансових чи економічних модулів їх розвитку, що особливо актуалізує питання застосування технології Індустрії 4.0 та 5.0 у контексті перспективного розвитку смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу, а також оцінки їх економічного ефекту.

Аналіз досліджень та постановка завдання. Усталеного трактування понять «Четверта промислова революція (Індустрія 4.0)» та «П'ята промислова революція (Індустрія 5.0)» а також особливості застосування їх, як саме окремих технологій для певного виду економічної діяльності та при загальній цифровій трансформації бізнесу при переході національних економічних систем у смарт-економіку поки що немає. Для характеристики відповідних процесів в економіці переважають поняття «економіка 4.0», «смарт-економіка», «інклюзивна», адаптивна економіка, цифрова економіка, інформаційна економіка, біхверистична економіка, тощо. Для адекватного вживання цих понять варто класифікувати їх у відповідності до тих їх визначень, які мають місце у різних наукових школах та колах. За останні п'ять років у зарубіжних та вітчизняних наукових публікаціях спостерігається величезна кількість різних за сенсом визначень Четвертої та П'ятої промислової революції, вони ж Індустрія 4.0 та 5.0. Одним із перших дослідників в Україні В.І. Скіцько у статті «Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього» [1] систематизував різні, переважно англомовні, джерела, де зустрічається це поняття, а також вважає, що базовим ресурсом у визначенні того, чим є Індустрія 4.0 є німецька наукова школа економіки, представлення здобутків їх представників науковців здійснюється на німецькому сайті «Індустрія 4.0» <http://www.plattform40.de>, на якому розміщені матеріали, що ілюструють згадану вище історію виникнення цього терміну і сутність цього поняття. У дослідженнях представників німецької наукової школи та їх аналітичних матеріалах і різноманітних інтерв'ю, «Індустрія 4.0» асоціюється з промисловим виробництвом майбутнього, що ґрунтується на дев'яти інноваційних технологічних розробках. Найповніше компоненти Індустрії 4.0 були описані у так званого Білому звіті, який підготували представники ради директорів ВЕФ А.А. Вебер (Axel A. Weber) С. П.Ермotti (Sergio P. Ermotti) у січні 2016 року [2]. Саме вони

систематизували наступні компоненти Революції 4.0: Великі Дані (Big Data); кіберсистеми (Smart Factory, Autonomous Robots); кібермоделювання (Simulation); горизонтальна та вертикальна системні інтеграції (Horizontal and Vertical System Integration); промисловий інтернет речей (The Industrial Internet Things); хмарні технології (The Cloud); адаптивне виробництво (Additive Manufacturing) та кібербезпека. Але всі вказані компоненти Індустрії 4,0 та 5.0 не можна повною мірою застосовувати без адаптації до умов фінансування відновлювальних енергетичних систем аж до повного переходу на безкарбонатний спосіб добування і виробництва енергії у світі.

Зважаючи на новизну концепції Індустрії 4.0 та 5.0, праць, які відображали б результати ґрунтовних досліджень та ризиків впровадження її технологій у відновлювальних енергетичних системах практично не має або є дуже мало і вони є не повністю дотичними до проблематики, що досліджуватиметься у даній статті. Дослідженням деяких окремих вище вказаних аспектів займалися такі іноземні вчені, як Patel S., Schröder M., Indorf M., Wolfgang K., Vollmar F. Стаття Вітлінського В. В. та Скілько В. І. [1] була однією із перших вітчизняних наукових робіт, які присвячені ризикам Індустрії 4.0. Дослідженням цього наукового напрямку також займалися й інші вітчизняні вчені, зокрема Амоша О.І., Вишневський В.П., Вієцька О. В. та інші.

Зважаючи, що вказаний аспект перспективного застосування технологій Індустрія 4.0 та 5.0 при цифровій трансформації бізнесу у загальну смарт-економіку на теренах української науки практично не вивчався, а західні наукові школи описували лише загальні уявлення, парадигми та концепції Індустрії 4.0 та 5.0, невирішеність даної проблематики і нагальна її необхідність і стала причиною вибору теми даної статті.

Зважаючи на актуальність досліджуваної проблематики, **метою** даної статті є теоретико-емпіричне дослідження стану цифрової трансформації бізнесу та застосування цифрових бізнес-технологій смарт-економіки у концепціях індустрії 4.0 та 5.0.

В цьому контексті можна виокремити основні **задачі статті**, якими є: проаналізувати можливість застосування цифрової трансформації бізнесу в смарт-економіці у концепції використання Індустрії 4.0 та 5.0., оцінити економічний ефект від запровадження цифрових бізнес-технологій смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу у розрізі їх типів, зробити прогноз розвитку смарт-економіки у концепції Індустрії 4.0 та 5.0 та встановити кореляційні зв'язки між цифровою трансформацією бізнесу та економічним зростанням за переходу на Індустрію 4.0 та можливостей переходу на Індустрію 5.0.

Результати дослідження. Індустрія 4.0 – оновлена концепція «розумного виробництва», що ототожнюється з «Четвертою промисловою революцією» та появою кіберфізичних систем, або наступний етап цифровізації бізнесу та побудови національних смарт-економік, на якому головну роль відіграють такі технології та концепти, як Інтернет речей, «великі дані» (Big data), «предиктивна аналітика», хмарні обчислення, «машинне навчання», машинна взаємодія, штучний інтелект, робототехніка, 3D-друк, доповнена реальність [1]. У рамках концепції Індустрії 4.0 та соціальноорієнтованої Індустрії 5.0 побудова національних смарт-економік у світі знаходиться у зоні тотальної цифрової трансформації бізнесу, виходячи за рамки застосування виключно інформаційних технологій та автоматизації виробництва. Відповідно до впровадження технологій Індустрія 4.0 та 5.0 за весь період їх розвитку у світі значно збільшилось застосування цифрових бізнес-технологій, які притаманні смарт-економіці, у порівнянні з базовим 1990м роком, за якого Індустрії 4.0 ще не було.

Основною технологією в концепціях Індустрія 4.0 та 5.0 вважають Інтернет речей (IoT), складовою рушійною силою якого є Промисловий інтернет речей (IIoT), під яким розуміють систему об'єднаних комп'ютерних мереж і засобів виробництва з вбудованими датчиками і єдиним програмним забезпеченням для збору та обміну даними з можливістю віддаленого контролю і управління в автоматизованому режимі без участі людини. Як Інтернет Речей, так і Промисловий інтернет речей дозволяють створювати автоматизовані виробництва, які

потребують значних первинних інвестицій, але є значно заощадливими у подальшій експлуатації, так як не потрібно формувати фонди заробітної плати та їх похідні фонди, що, у свою чергу, зменшує середню собівартість всіх товарів чи робіт, які виконує таке автоматизоване виробництво.

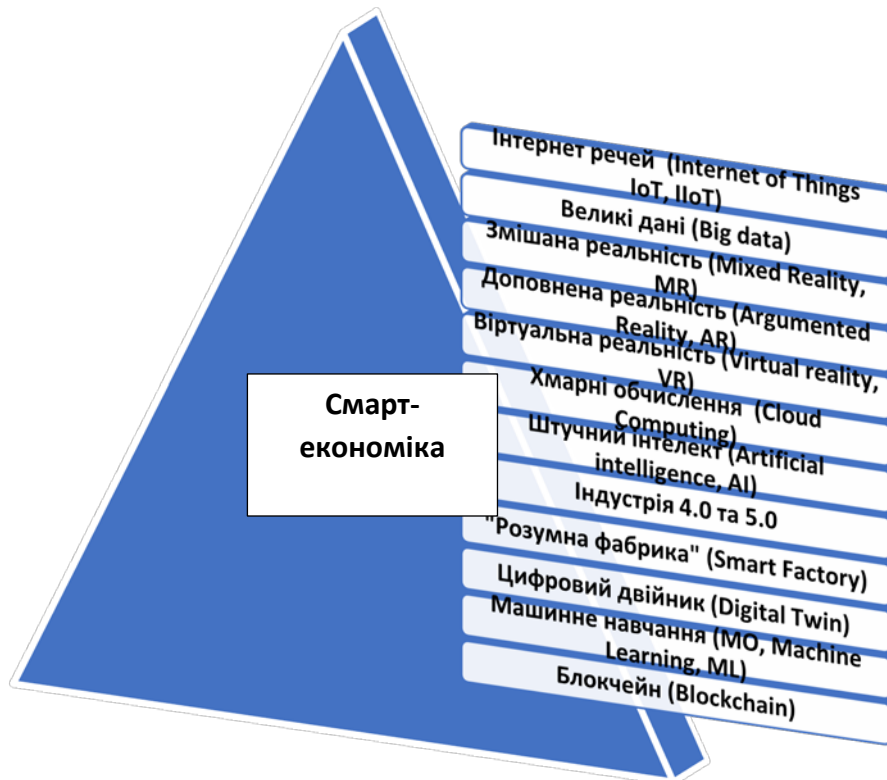


Рис. 1 Цифрова трансформація бізнесу за її типами в смарт-економіці

Це дає підстави вважати, що ІоТ дозволяє значно підвищувати ефективність, в окремих випадках навіть у декілька десятків разів, а період окупності таких інвестиційних проектів на основі ІоТ не перевищує кількох місяців. Особливу ефективність технології на основі ІоТ мають в енергетичному секторі економіки та в автомобілебудуванні. При цьому використовують переважно системи управління класу MES, у якій на кожному засобі виробництва облаштовано відповідні радіопозначки, які однозначно верифікують усі стадії виробництва по-елементно, і всі з них інтегровано в єдину систему (платформу) обробки даних.

Компанія Accenture у своєму дослідженні 2015го року «Успіх за допомогою Промислового Інтернету Речей» (Winning with the Industrial Internet of Things)[3], в якому на підставі опитування 1400 керівників вищої ланки в багатьох країнах світу (з них 736 - керівники компаній), зазначено внесок ІоТ у світове виробництво 2030 року міг би скласти близько \$ 14,2 трлн, але чи буде це за рахунок української економіки – питання не визначене, адже потенційний приріст за рахунок діджиталізації фінансових та бізнес-процесів в Україні знаходиться під загрозою, так як ні компанії, ні держава не вживають достатніх заходів, аби створити умови для цього. Як вказується у даному звіті, до 2030-го року результати впровадження ІоТ могли б бути наступними: у США сукупний ВВП може збільшитися на \$6,1 трлн.; Німеччина може підвищити сукупний ВВП на \$700 млрд., або на 1,7%; Великобританія може підвищити сукупний ВВП на \$531 млн., або на 1,8%; і найбільші вигоди від ефективного запровадження у бізнес-структурах технологій ІоТ у Китаю, який може 2030 року зростити свій сукупний ВВП на \$1,8 трлн., або на 1,3% [1].

ІоТ допомагає розвивати технології доповненої і віртуальної реальності (AR/VR) на основі протоколу обміну повідомленнями MQTT (Message Queue Telemetry Transport що є спрощеним протоколом обміну даними і працює над TCP/P), що забезпечує підвищену

кібербезпеку таких виробничих діджиталізованих систем, і дозволяє значно підвищувати їх економічну ефективність за рахунок значного тривалості виробничого циклу (наприклад, запровадження IoT в компанії Harley Davidson вдалося скоротити виробничий цикл з 21 дні до 6 годин [4], тобто мало не в десятки разів), реалізації наскрізного управління виробництвом і продажами на всьому життєвому циклі, скорочення витрат на формування фонду заробітної плати та похідних від нього, тощо.

Застосування у бізнесі технології обробки Великих даних (Big data) також підвищує економічну ефективність від управління бізнес-структурами та процесами, адже сама технологія Великих даних дозволяє позначати структуровані та неструктуровані дані, в тому числі і текстові та графічні, величезних обсягів і значного розмаїття, які піддаються ефективній обробці за допомогою програмних інструментів, які горизонтально та вертикально масштабуються і є досить потужною альтернативою застосування таких бізнес-методів управління та менеджменту, якими були і є системи управління базами даних класу рішень Business Intelligence.

Значними характеристиками Великих даних, які підвищують економічну ефективність управління бізнес-процесами, звичайно ж є впроваджений принцип семи “V”, або набір даних VVVVVVV (veracity, volume, velocity, variety, viability, value, visualization — достовірність, фізичний об’єм, швидкість приросту даних і необхідність їх швидкої обробки, здатність обробляти дані різних типів, життєздатність, цінність, візуалізація). І досягається це значною мірою за рахунок основних принципів роботи з Великими даними:

- горизонтальна і вертикальна масштабованість, основний принцип, який за рахунок збільшення кількості обчислювальних вузлів, за якими розподіляються дані, підвищує продуктивність;
- відмовостійкість, яка, за рахунок запровадження превентивних заходів щодо ймовірності виходу з ладу машин за рахунок збільшення у сотні тисяч кластерних обчислювальних систем – дозволяє приймати більше ефективні управлінські рішення щодо конкурентів або життєвого циклу власного продукту в бізнес-середовищі.
- локальність даних дозволяє відбирати виокремлені з Великих дані, потрібні виключно для даного бізнес-середовища чи певного управлінського рішення в бізнесі. Відбувається це шляхом фізичного розміщення на одному сервері необхідних обчислювальних вузлів.

Застосування у смарт-економіці та в бізнесі цифрових технологій розподілу Великих даних проявляється у наступних тенденціях: MapReduce (модель розподілених обчислень від компанії Google), NoSQL (різні некореляційні бази даних і сховищ), Hadoop (набори утиліт, бібліотек, фреймів на основі вільного програмного коду для розробки розподілених кластерних програм, що можуть одночасно працювати на кластерах з сотень мільйонів вузлів), R (мова програмування для інтелектуального аналізу та обробки Великих даних), апаратні рішення (апаратно-програмні комплекси на основі вільного чи платного програмного коду для інтелектуальної обробки (майнінгу) Великих даних). Кожна із згаданих цифрових технологій роботи з Великими даними, які мають певне часткове чи повне впровадження в економічних процесах, дозволяють значно скорочувати виробничий цикл, прискорювати оборотність засобів, зменшувати затрати часу управлінського персоналу в бізнес-структурах, і тим самим значно зменшувати собівартість товарів, робіт і послуг з одночасним підвищенням якості продукції.

При цьому для досягнення мети підвищення економічної ефективності бізнесу за допомогою цифрової технології Великих даних, які правило, застосовують 11 методів McKinsey: Методи Data Mining (видобуток даних, інтелектуальний аналіз даних, глибинний аналіз даних), Краудсорсинг — класифікація і збагачення даних силами широкого, неозначеного кола особистостей, що виконують цю роботу без вступу у трудові стосунки, Змішання та інтеграція даних (data fusion and integration), Машинне навчання, включаючи

навчання з учителем і без учителя, Штучні нейронні мережі, мережевий аналіз, оптимізація, у тому числі генетичні алгоритми (genetic algorithm), Розпізнавання образів, Прогнозна аналітика, Імітаційне моделювання (simulation), Просторовий аналіз (spatial analysis), Статистичний аналіз — аналіз часових рядів, А/В-тестування (A/B testing, split testing — метод маркетингового дослідження), Візуалізація аналітичних даних [5].

У 1994 році Пол Милграм (Paul Milgram) і Фуміо Киширо (Fumio Kishino) визначили змішану реальність (Mixed Reality, MR) як «...все між крайнощами віртуального континууму (VC), де віртуальний континуум простягається від повної реальності до повністю віртуального оточення з доповненими реальністю і віртуальністю всередині нього» [6]. Пізніше в бізнес-колах її починають називати гібридною реальністю, або комп'ютерно-опосередкованою реальністю, зниженою реальністю, модульованою реальністю або модифікованою реальністю, і сенси цих термінів частково змінюються залежно від бізнес-середовища, де вони впроваджені на практиці. Так, глава підрозділу AR і VR компанії Google Клей Бейвор (Clay Bavor) на конференції Google I/O 2018 року зазначив: «VR/MR/AR/RR — не окремі і чітко визначені речі. Це — зручні ярлики для різних точок спектру» [7]. До змішаних реальностей, які використовуються як цифрові бізнес-технології, також належать:

- розширена реальність ((Extended reality (XR або Cross Reality)),
- кінематографічна реальність (CR),
- візуально-тактильна змішана реальність (Visuo-haptic mixed reality (VHMR),
- 360 віртуальна реальність (або 360 VR, або mobile VR), її рекламують як «інтерактивний і захоплюючий контент, що повністю оточує користувача, неначе він стоїть посеред сцени
- заміщена реальність (SR, Substitutional Reality)
- симульована, або модельована реальність (Simulated reality).

За оцінками компанії IDC світовий ринок цифрових бізнес-технологій змішаної реальності у 2021 році становив майже 82 млрд дол.США, споживчий сегмент у них саме доповненої реальності (технології AR/VR) складає найбільшу частку у майже 56 млрд.дол.США [8]. Структуру витрат на цифрову трансформацію бізнес-процесів саме на фінансування проектів, які включають бізнес-технології змішаної реальності різних видів, у світі за останні 5 років, а також прогноз на наступні три роки продемонстровано на рис. 2:

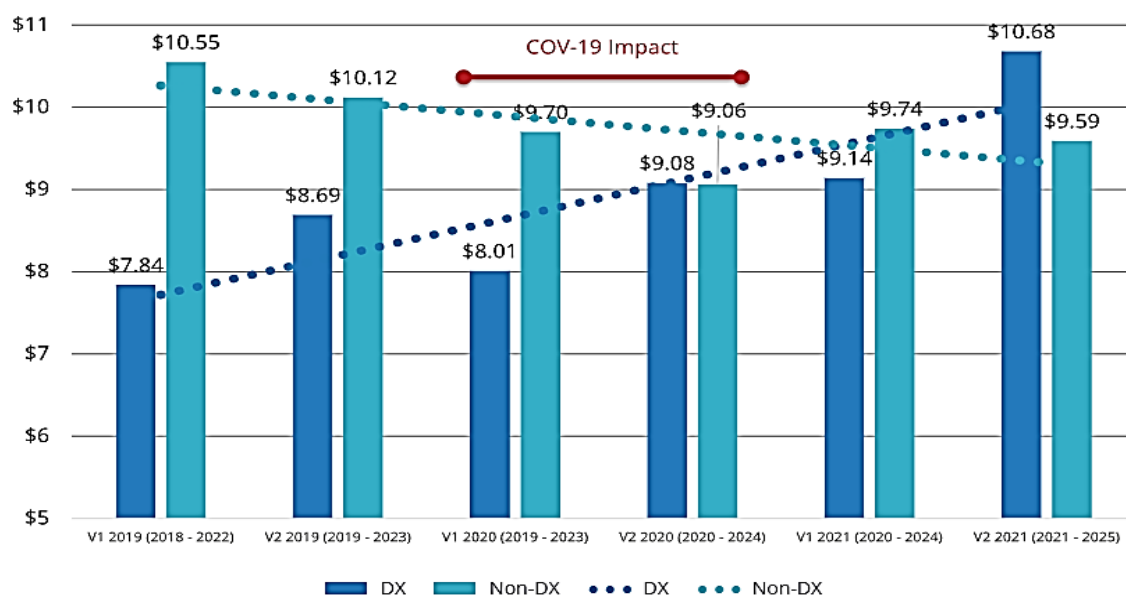


Рис. 2. Витрати та прогнози витрат на цифрову трансформацію світової економіки у розрізі витрат на змішану реальність, млрд.долл.США
Джерело: IDC Quarterly PC Monitor Tracker, грудень 2021 року

Як видно з таблиці 1., зростання поставок персональних комп'ютерів у порівнянні з минулим роком досяг точки перелому в третьому кварталі 2021 року (3 квартал 2021 року). За даними Міжнародної корпорації даних (IDC) Worldwide Quarterly PC Monitor Tracker [9], кількість поставок скоротилася у порівнянні з аналогічним періодом 2020 року. У той час як багато країн, особливо в країнах Азіатсько-Тихоокеанського регіону, що розвиваються, продовжували демонструвати солідний попит і виконували відстрочені замовлення, на ключових ринках у Північній Америці та Західній Європі відбулося значне скорочення, головним чином через певний ступінь пом'якшення споживчого попиту. В результаті поставки в третьому кварталі склали трохи більше 34,8 мільйонів одиниць, що на 7,2% менше, ніж за аналогічний квартал минулого року (3 квартал 2020 року). Більше того, хоча в деяких аспектах покращилися, проблеми з постачанням та логістикою зберігалися з попередніх кварталів, що ще більше стискало ринок, який уже зіткнувся із зростанням цін через тиск витрат.

Таблиця 1

Найкращі компанії, поставки ПК по всьому світу, частка ринку та річний ріст,
3 квартал 2021 року (поставки тисячами одиниць)

| Компанія | Поставки за 3 квартал 2021 року | Частка ринку за 3 квартал 2021 року | Відправлення за 3 квартал 2020 року | Частка ринку за 3 квартал 2020 року | ЗК21/ЗК20 Зростання |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1. Dell Technologies | 7 666 | 22,0% | 6359 | 17,0% | +20,6% |
| 2. Lenovo | 4,238 | 12,2% | 3966 | 10,6% | +6,9% |
| 3. ТПВ | 3971 | 11,4% | 5679 | 15,1% | -30,1% |
| 4. HP Inc. | 3723 | 10,7% | 4711 | 12,6% | -21,0% |
| 5. Samsung | 2875 | 8,3% | 3370 | 9,0% | -14,7% |
| інші | 12 328 | 35,4% | 13 417 | 35,8% | -8,1% |
| Всього | 34 801 | 100,0% | 37 502 | 100,0% | -7,2% |

Джерело: IDC Quarterly PC Monitor Tracker, грудень 2021 року

Ще однією цифровою бізнес-технологією, яка успішно використовується у світі – є Хмарні обчислення (Cloud Computing), які є моделлю здійснення зручного доступу на вимогу до загального пулу обчислювальних ресурсів, які відповідним чином конфігуруються. Хмарні обчислення можуть бути сформовано самостійно бізнес-структурами, а можуть і використовувати вже готові рішення від таких, наприклад, великих компаній, як HP, Dell, Oracle та інші. Але, в будь-якому випадку, бізнес-структура, яка використовує цю цифрову технологію, матиме наступні економічні переваги: швидкість розростання власного бізнесу чи його елементів, економія коштів, адже не потрібно купувати власні обчислювальні пули і системи, доступ до хмарних сервісів по управлінню бізнесом з будь-якої точки на планеті, де лише є Інтернет, можливість спільної роботи з даними для дочірніх компаній, простота масштабування бізнес-даних та методів управління бізнесом, висока надійність хмарних обчислень за рахунок затрат провайдера, можливість використання хмарних обчислень малим бізнесом та ФОПами. При цьому можуть застосовуватись наступні форми хмарних обчислень у бізнесі: PaaS (Platform-as-a-service) - платформа як послуга; IaaS (Infrastructure-as-a-service) - інфраструктура як послуга.

Штучний інтелект (Artificial intelligence, AI) ще один з напрямів цифрової трансформації бізнесу, який широко використовується у світі, і полягає у відтворенні за допомогою обчислювальних чи інформаційних систем та інших штучних пристроїв розумних міркувань і дій, тобто така цифрова бізнес-технологія, за якої система проявляє здатність правильно інтерпретувати екзогенні данні, навчатись на цих даних та використовувати отримані знання для

конкретних цілей у менеджменті бізнесу за допомогою здатності до гнучкої адаптації. В економіці штучний інтелект (AI) може застосовуватись практично у всіх секторах і на всіх рівнях, але більш за все його використовують на рівні проектування для підвищення ефективності розробки нового продукту, на рівні виробництва для ефективного вдосконалення бізнес-процесів та автоматизації контролю і управління бізнесом, на рівні логістики для покращення планування маршрутів поставок і скорочення часу доставок, на рівні просування для прогнозування об'ємів послуг підтримки та їх розмірів фінансування, тощо.

Окрім згаданих цифрових бізнес-технологій, що активно трансформують світові тенденції розвитку економік країн світу, слід окремо виділити і нещодавно винайдені, такі як «розумна фабрика» (Smart Factory), «розумне виробництво» (Smart Manufacturing), «фабрика майбутнього» (Factory of the Future). Термін Smart Manufacturing визначає Національний інститут стандартів і технологій США (NIST) таким чином: це «повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, які здатні в реальному масштабі часу реагувати на мінливі умови виробництва, вимоги мереж поставок і задовольняти потреби клієнтів» [10]. Е. Філо, координатор ІКТ-проектів в сьомій рамковій програмі Європейського Союзу з науково-технічного співробітництва, розділяє фабрики майбутнього на три основних типи — цифрові (Digital), «розумні» (Smart) і віртуальні (Virtual) [11]. В Цифровій фабриці (Digital Factory) використовуються такі системи та цифрові бізнес-технології: системи автоматизованого проектування CAD/CAM/CAE; система управління даними про виріб (PDM, Product Data Management); прикладне програмне забезпечення для управління життєвим циклом продукції (PLM, Product Lifecycle Management); електронні верстати; 3D-принтери і інші адитивні технології. В «розумній фабриці» (Smart Factory) використовуються наступні цифрові бізнес-технології: 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). Віртуальна фабрика є мережею цифрових і «розумних» фабрик, і вона використовує наступні цифрові бізнес-технології: планування ресурсів підприємства (ERP, Enterprise Resource Planning); систему управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM, Customer Relationship Management); управління ланцюжками постачання (SCM, Supply Chain Management). Обсяг ринку цифрових фабрик (адитивні технології, PLM-системи, апаратне і числове програмне забезпечення, верстати тощо) в 2020 році досяг 260 млрд. доларів США і до 2035 року прогнозується на рівні у 740 млрд. доларів. США. Обсяг ринку «розумних фабрик» — відповідно 490 млрд. доларів вже мав у 2020 році, і очікується до 1,35 трлн. доларів США до 2035 року. За віртуальним фабрикам експерти оцінили в 690 млрд. доларів США у 2020 році і прогнозують майже 1,5 трлн. доларів США до 2035 року.

Ще одним досить цікавим застосуванням цифрових бізнес-технологій є використання в бізнесі цифрового двійника (Digital Twins), визначення якому вперше надала консалтингова компанія Gartner: «цифровий двійник — це цифрове уявлення реального об'єкта або системи» [12], також вони назвали ті бізнес-структури, які найбільш активно використовували цифрові двійники у 2021 році, і це: Cisco Systems, Colgate-Palmolive, Johnson & Johnson.

На рис. 3 продемонстровано прогнози глобальних витрат на цифрову трансформацію бізнесу у світі (DX) та фінансування цифрових бізнес-технологій щодо продуктів, які прогнозовано досягнуть 2,8 трильйона доларів у 2025 році, що більш ніж вдвічі перевищує суму, виділену в 2020 році. Згідно з новим оновленням Згідно з Міжнародною корпорацією даних (IDC) Worldwide Digital Transformation Spending Guide, витрати цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці матимуть сукупний річний темп зростання на 16,4% протягом прогнозованого періоду 2021-2025 років, оскільки організації дотримуються цілісної цифрової стратегії для людей, процесів, технологій, дані та управління.

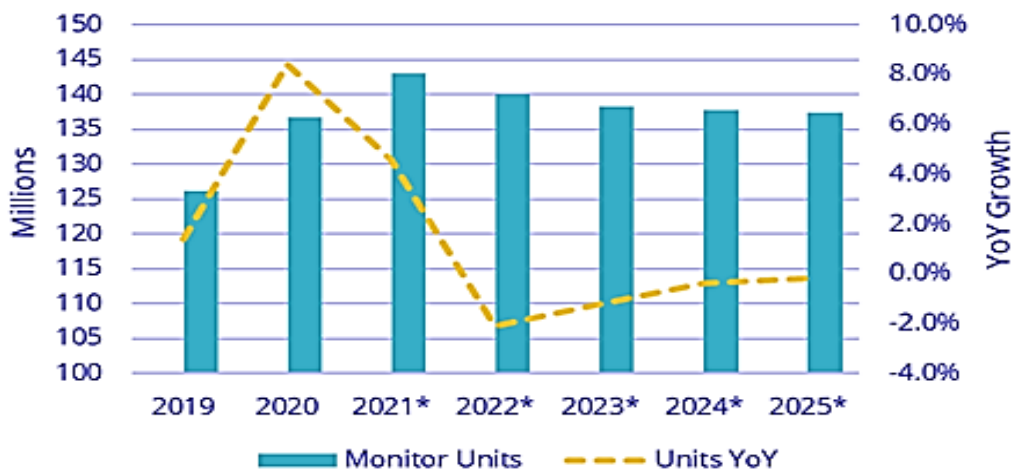


Рис. 3. Прогноз витрат на цифровізацію бізнес-технологій у світі станом на 3 квартал 2021 року.
Джерело: IDC 2021

Організації розподіляють свої інвестиції в цифрову трансформацію їх бізнесів (DX) на ряд стратегічних пріоритетів, які узгоджуються з тим, чого вони очікують досягти протягом тривалого періоду, виконуючи свою цифрову місію. Багато з цих пріоритетів об'єднуються навколо операційних цілей, включаючи підтримку бек-офісів та інфраструктуру для основних бізнес-функцій, таких як бухгалтерський облік і фінанси, людські ресурси, юридичні питання, безпека та ризики та корпоративні ІТ. Аналогічно, пріоритети інновацій, масштабування та експлуатації стосуються широкого кола, що охоплює великомасштабні операції, включаючи виробництво, будівництво та проектування. Основні бізнес-функції, що охоплюють цю сферу, включають управління ланцюгом поставок, інжиніринг, проектування та дослідження, операції та операції на виробничих підприємствах, і, нарешті - досвід роботи з клієнтами (специфічна область, яка охоплює всі функції, пов'язані з клієнтами, і пов'язані з ними цифрові бізнес-технології, які підтримує цифрова трансформація бізнесу (DX)). Основні бізнес-функції, що охоплюють цю сферу, включають обслуговування клієнтів, маркетинг і продажі. У той час як підтримка та інфраструктура бек-офісів, а також пріоритети інновацій, масштабування та експлуатації будуть відображати значно більші загальні витрати протягом усього прогнозу, інвестиції в досвід клієнтів будуть зростати швидше (див. рис. 4).

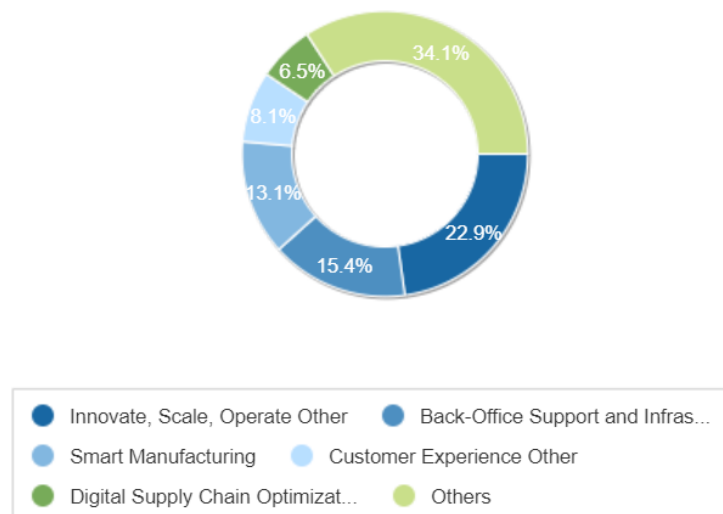


Рис. 4. Найважливіші стратегічні пріоритети у фінансуванні цифрової трансформації бізнесу у світі (частка на світовому ринку, прогнози на даних до грудня 2021 р.)

Джерело: IDC 2021

Проведемо кореляційний аналіз показників цифрової трансформації бізнесу та показників ринкової капіталізації окремих країн, результати якого представлено у таблиці 2.

Таблиця 2

Кореляція показників цифрової трансформації бізнесу та ринкової капіталізації країн за період 2020–2021 рр.

| | Україна | Хорватія | Румунія | Болгарія | Словенія | Литва | Естонія | Латвія | США |
|----------|---------|----------|---------|----------|----------|-------|---------|--------|------|
| Україна | 1 | 0,98 | 0,92 | 0,74 | 0,98 | 0,94 | 0,48 | 0,96 | 0,43 |
| Румунія | | 1,00 | 0,96 | 0,82 | 0,98 | 0,96 | 0,57 | 0,97 | 0,40 |
| Хорватія | | | 1,00 | 0,92 | 0,95 | 0,99 | 0,76 | 0,97 | 0,54 |
| Словенія | | | | 1,00 | 0,78 | 0,88 | 0,92 | 0,80 | 0,46 |
| Болгарія | | | | | 1,00 | 0,97 | 0,56 | 0,99 | 0,50 |
| Литва | | | | | | 1,00 | 0,72 | 0,72 | 0,61 |
| Естонія | | | | | | | 1,00 | 0,69 | 0,54 |
| Латвія | | | | | | | | 1,00 | 0,45 |
| США | | | | | | | | | 1,00 |

Висновки. Варіанти використання цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці – дискретно фінансовані зусилля, які підтримують конкретну програмну мету – які отримують найбільші витрати, будуть розподілені між трьома стратегічними пріоритетами. Інвестиції в робототехнічне виробництво зростуть до 120,6 мільярдів доларів у 2025 році, після чого підуть автономні операції та 360-градусне керування клієнтами на рівні 90,9 і 74,7 мільярдів доларів відповідно. Випадками використання цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці з найшвидшим зростанням витрат будуть віртуалізовані робочі простори студентів (43,8%), допомога в видобутку корисних копалин (39,1%) і розширене управління проектуванням (34,5%). Із понад 300 випадків використання цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці лише п'ять матимуть за п'ять років менше 10% протягом прогнозованого періоду.

Галузі, які матимуть найбільші витрати на цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці протягом усього прогнозу, — це дискретне та технологічне виробництво, за ними йдуть професійні послуги та роздрібна торгівля. Разом на дві обробні галузі припадатиме майже 30% усіх витрат на цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці, що становитиме понад 816 мільярдів доларів у 2025 році. Економічні сектори, які відчують найшвидший ріст витрат на цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці за прогнозом на 2020-2025 роки, це будівництво (21,0%), цінні папери та інвестиційні послуги (19,2%) та банківська справа (19,0%). Прогнозується, що всі 19 галузей, які розглядаються в цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці забезпечать двозначне зростання за п'ятирічний прогноз.

Сполучені Штати будуть найбільшим географічним ринком для витрат на цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці, забезпечуючи приблизно одну третину загальносвітового обсягу протягом усього прогнозу. Західна Європа буде другим за величиною регіоном витрат на цифрової трансформації бізнесу у смарт-економіці, після Китаю. Китай також забезпечить найвище зростання витрат на цифрової трансформації

бізнесу у смарт-економіці на рівні 18,4%. Латинська Америка буде регіоном з другим найшвидшим зростанням із 17,5%.

Проведене дослідження стану смарт-економіки та цифрової трансформації бізнесу за концепції Індустрія 4.0 та 5.0 вказують на значний потенціал використання цифрових технологій в бізнесі та значний економічний ефект від їх використання, що потребує подальших досліджень.

Список використаної літератури

1. Скільцько В.І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 5. С. 33-40.
2. Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution January 2016 UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016 URL:http://www.tadviser.ru/images/b/b7/Extreme_automation_and_connectivity_The_global%2C_regional%2C_and_investment_implications_of_the_Fourth_Industrial_Revolution.pdf
3. Winning with the Industrial Internet of Things How to accelerate the journey to productivity and growth https://www.accenture.com/t20160909T042713Z_w_us-en/acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_11/Accenture-Industrial-Internet-of-Things-Positioning-Paper-Report-2015.pdf?fla=en
4. Industrial Internet of Things, ІІоТ <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/promyshlennyj-internet-veschej>
5. Big Data <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye>
6. Paul Milgram, Fumio Kishino [A taxonomy of mixed reality visual displays](#), IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 1994/12/25, vol.77, issue 12, pages 1321-1329
7. Clay Bavor VP, Virtual and Augmented Reality <https://www.blog.google/perspectives/clay-bavor/>
8. IDC PC Monitor Volume Saw Its First Contraction Since COVID-19 Lockdowns Began, Signaling A Cooling Market, According to IDC <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48594121>
9. Worldwide Quarterly PC Monitor Tracker https://www.idc.com/tracker/showproductinfo.jsp?containerId=IDC_P7132
10. Library NIST. Term Smart Manufacturing <https://www.nist.gov/>
11. Smart Factory <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/smart-factory>
12. Gartner <https://www.gartner.com/en/supply-chain/research/supply-chain-top-25/global-report-2021>
Стаття надійшла до редакції 14.07.2022
Статтю рекомендовано до друку 22.07.2022

References

1. Skitsko V.I. (2016.) Industry 4.0 as future manufacturing. *Investment: practice and experience*. № 5, 33-40.
2. Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution. (2016, January) UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting http://www.tadviser.ru/images/b/b7/Extreme_automation_and_connectivity_The_global%2C_regional%2C_and_investment_implications_of_the_Fourth_Industrial_Revolution.pdf
3. Winning with the Industrial Internet of Things. How to accelerate the journey to productivity and growth. (2015). Official site of Accenture https://www.accenture.com/t20160909T042713Z_w_us-en/acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_11/Accenture-Industrial-Internet-of-Things-Positioning-Paper-Report-2015.pdf?fla=en
4. Industrial Internet of Things, ІІоТ. (2018). Official site of IT-Enterprise. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/promyshlennyj-internet-veschej>
5. Big Data. (2018). Official site of IT-Enterprise. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye>
6. Paul Milgram, Fumio Kishino. (1994, December 25), [A taxonomy of mixed reality visual displays](#). IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, vol.77, issue 12, 1321-1329.
7. Clay Bavor VP, Virtual and Augmented Reality <https://www.blog.google/perspectives/clay-bavor/>
8. PC Monitor Volume Saw Its First Contraction Since COVID-19 Lockdowns Began, Signaling A Cooling Market, according to IDC. (2021, December 17). Official site of IDC Corporate. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48594121>
9. Worldwide Quarterly PC Monitor Tracker. Official site of IDC Corporate. https://www.idc.com/tracker/showproductinfo.jsp?containerId=IDC_P7132
10. Term Smart Manufacturing. Official site of Library NIST. <https://www.nist.gov/>
11. Smart Factory. Official site of IT-Enterprise. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/smart-factory>
12. Gartner. <https://www.gartner.com/en/supply-chain/research/supply-chain-top-25/global-report-2021>
The article was received by the editors 14.07.2022
The article is recommended for printing 22.07.2022

Olesia Suntsova

*Doctor of Science in Economics, Professor, Academician of AESU,
Professor of Economic Cybernetics
University of SFS of Ukraine (Irpin)
St. 31 Universitetskaya, Irpin, 08205, Ukraine,
e-mail: asuntsova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3854-7939*

ECONOMETRIC AND DIGITAL BUSINESS TRANSFORMATION IN INDUSTRY 4.0 AND 5.0 CONCEPTS

Abstract. *Introduction.* The application of Industry 4.0 and 5.0 in the context of the formation of the smart economy and digital transformation of business and their long-term development is a very important task today. The practice of estimating the economic result of the introduction of digital business technologies by the method of net present value, which is the difference between income and expenses from the investment project in the digitalized economic system, still prevails in economic science to finance the long-term development of digital business transformation in the smart economy. to their value to date. The main reason why it is difficult to innovate the smart economy and carry out the digital transformation of the business in accordance with the elements of using the concepts of Industry 4.0 and 5.0 is the application of high discount rates. This approach to financing the digital transformation of business while focusing on the smart economy does not allow to solve many economic problems, including problems of increasing income inequality, the state of the environment, and so on. In many countries around the world, the situation is becoming so alarming that financiers and economists and experts in various fields of knowledge are already actively studying. Instead, the world community is ambivalent about these issues, which is why the study and empirical measurement of the smart economy and digital business transformation in the world, as well as prospects for digital business technologies and systems with the introduction of Industry 4.0 and Industry 5.0 is extremely relevant.

Purpose. Given the relevance of the research, the purpose of this article is a theoretical and empirical study of the state of digital business transformation and the use of digital business technologies in the smart economy in the concepts of industry 4.0 and 5.0.

In this context, we can highlight the main objectives of the article, which are: to analyze the possibility of digital transformation of business in the smart economy in the concept of Industry 4.0 and 5.0. types, to forecast the development of the smart economy in the concept of Industry 4.0 and 5.0 and to establish correlations between the digital transformation of business and economic growth in the transition to Industry 4.0 and opportunities for the transition to Industry 5.0.

Methods Macroeconomic Analyses, Econometric Analyses, Trend Analyses

Results. The options for using the digital transformation of business in the smart economy - discrete-funded efforts that support a specific program goal - that will cost the most will be divided between three strategic priorities. Investment in robotics will grow to \$ 120.6 billion in 2025, followed by stand-alone operations and 360-degree customer management at \$ 90.9 and \$ 74.7 billion, respectively.

Conclusion. The study of the state of the smart economy and digital business transformation according to the concepts of Industry 4.0 and 5.0 indicates a significant potential for the use of digital technologies in business and a significant economic effect from their use, which requires further development.

Keywords: smart economy, digital economy, financial technology, digital business management technology, information economy, business process digitalization, digital business transformation, industry 4.0, industry 5.0, blockchain technology, internet of things, big data, mixed, augmented, virtual reality, cloud computing, artificial intelligence, smart factory, digital duplicate, machine learning.

JEL Classification: C81, C82, C58, C52, C43, C33, B41, B26, B27, B17, G11, G14, G15, G23, G29, G32, O16, O50

Fig .: 4; tab .: 2; bibl .: 12.