

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ЦИФРОВІЗАЦІЇ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК КРАЇН СВІТУ

©2024 ХАУСТОВА В. Є., КРЯЧКО Є. М., БОНДАРЕНКО Д. В.

УДК 338.1
JEL Classification: L81; L86

Хаустова В. Є., Крячко Є. М., Бондаренко Д. В.

Моделювання впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу

У статті визначено, що цифровізація як тренд розвитку глобальної економіки проявляється різною мірою, проте місце кожної країни у світовій спільноті залежить від ступеня впливу цифровізації на національне економічне та соціальне середовище. Дослідження впливу цифровізації на розвиток економік країн є надзвичайно актуальними, оскільки цифрові технології стають центральним елементом сучасного економічного розвитку, впливаючи на продуктивність, ефективність і конкурентоспроможність країн на глобальному рівні. Метою статті є побудова моделі впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу із застосуванням когнітивного підходу. Для цього запропоновано відповідний методичний підхід і здійснено його апробацію. Як показники цифровізації використано Індекси світових рейтингів оцінки рівня цифровізації, а як показники розвитку економік країн світу – показники, що характеризують ВВП, валову додану вартість, зайнятість, виробництво й торгівлю товарами та послугами ІКТ і комп'ютерних комунікацій. Як статистичну інформаційну базу було використано «Показники світового розвитку» Світового банку. На базі розробленого методичного підходу було побудовано когнітивну модель впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу, проаналізовано зв'язки між факторами та сформовано висновки щодо взаємозалежностей між ними. Визначено, що ефективна стратегія управління процесами цифровізації для підвищення розвитку економіки країни повинна включати розвиток інноваційного потенціалу через підтримку досліджень та інноваційних стартапів, розширення цифрової інфраструктури, особливо у сфері телекомунікацій та мобільного підключення, підвищення готовності до впровадження нових технологій через освітні програми та підготовку кваліфікованих кадрів, а також розвиток електронного урядування для забезпечення широкого доступу до цифрових державних послуг. Такі заходи сприятимуть підвищенню продуктивності та зростанню доданої вартості у виробництві та сфері послуг, що призведе до зростання ВВП, забезпечуючи стає економічне зростання і якість життя населення країни.

Ключові слова: цифровізація, цифрова економіка, цифрова трансформація, моделювання, економічний розвиток країни, конкурентоспроможність, інформаційно-комунікаційні технології, когнітивний підхід, когнітивна модель, кластерний аналіз, управління процесами цифровізації.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73>

Рис.: 3. **Табл.:** 2. **Формул:** 6. **Бібл.:** 37.

Хаустова Вікторія Євгенівна – доктор економічних наук, професор, директор Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: v.khaust@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/629132>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216123094>

Крячко Євген Миколайович – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник сектора промислової політики та інноваційного розвитку відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: krevtyuk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-5548>

Бондаренко Дмитро Валерійович – аспірант, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: bondar_dv@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2445-8521>

UDC 338.1
JEL Classification: L81; L86

Khaustova V. Y., Kriachko Y. M., Bondarenko D. V. Modeling the Impact of Digitalization Factors on the Economic Development of Countries Around the World

The article determines that digitalization as a trend in the development of the global economy manifests itself to different degrees, although the place of each country in the world community depends on the degree of impact of digitalization on the national economic and social environment. Studies of the impact of digitalization on the development of countries' economies are extremely relevant, as digital technologies are becoming a central element of modern economic development, affecting the productivity, efficiency and competitiveness of countries at the global level. The aim of the article is to build a model of the impact of digi-

talization factors on the economic development of the countries of the world using the cognitive approach. For this purpose, an appropriate methodical approach has been proposed and its approbation has been carried out. The world ranking indices for assessing the level of digitalization were used as indicators of digitalization, and the indicators of the development of the economies of the world countries were used the indicators characterizing GDP, gross value added, employment, production and trade in goods and services of ICT and computer communications. The World Bank's World Development Indicators were used as a statistical information base. On the basis of the developed methodical approach, a cognitive model of the impact of digitalization factors on the economic development of the world countries has been built, the ties between the factors have been analyzed and conclusions have been drawn about the interdependencies between them. It is determined that an effective strategy for managing digitalization processes to increase the development of the country's economy should include the development of innovative potential through the support of research and innovative start-ups, the expansion of digital infrastructure, especially in the field of telecommunications and mobile connectivity, increasing readiness for the introduction of new technologies through educational programs and training of qualified personnel, and the development of e-governance to ensure broad access to digital public services. Such measures will contribute to increasing productivity and growth of added value in production and services, which will lead to GDP growth, ensuring sustainable economic growth and quality of life of the country's population.

Keywords: digitalization, digital economy, digital transformation, modeling, economic development of the country, competitiveness, information and communication technologies, cognitive approach, cognitive model, cluster analysis, management of digitalization process

Fig.: 3. **Tabl.:** 2. **Formulae:** 6. **Bibl.:** 37.

Khaustova Viktoriia Ye. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Director of the Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: v.khaust@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/629132>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216123094>

Kriachko Yevhen M. – Candidate of Sciences (Economics), Senior Research Fellow of the Sector of Industrial Policy and Innovative Development of the Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: krevmyk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-5548>

Bondarenko Dmytro V. – Postgraduate Student, Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: bondar_dv@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2445-8521>

Вступ. Цифрова економіка є головною ознакою сучасності та впливає на всі сфери суспільного життя. Цифровізація як тренд розвитку глобальної економіки проявляється у них різною мірою, проте місце кожної країни у світовій спільноті залежить від ступеня впливу цифровізації на національне економічне та соціальне середовище.

Сьогодні інформація є найціннішим ресурсом, тож її грамотне застосування, зберігання та передача є першочерговими завданнями будь-якої компанії. Накопичення великої кількості інформації різного характеру призводить до необхідності оптимізації її обробки, у чому важливу роль відіграють новітні технології [1].

Коментуючи «Економічну стратегію України 2030», розроблену експертами Українського інституту майбутнього, В. Фіщук [2] зазначає: «Якщо ми хочемо зростати швидко, бути конкурентоздатними – маємо зробити ставку на силу та потенціал цифрових технологій. Цифровізація (digitization) – це економічний феномен та основа для стрибкоподібного розвитку економіки країни. Про це свідчить досвід багатьох країн. Цифрова економіка – більш ефективна, конкурентоздатна, створює більше можливостей для бізнесу, громадян та державі взагалі. Але головне те, що цифрова економіка створює ресурси, а не споживає ресурси (природні насамперед). Таким ресурсом є дані та їх транзакції – це певною мірою «нафта» цифрової економі-

ки. У виробництві, промисловості, послугах цифровізація створює величезну додану вартість».

Розвинені країни світу приділяють пильну увагу гармонійному розвитку системоутворюючих елементів цифрової економіки та нового інформаційного суспільства, а щорічний обсяг інвестицій у провідних країнах світу в цифровізацію вже налічує близько одного трильйона доларів на рік [3].

Отже, дослідження впливу цифровізації на розвиток економіки є надзвичайно актуальними, оскільки цифрові технології стають центральним елементом сучасного економічного розвитку, впливаючи на продуктивність, ефективність і конкурентоспроможність країн на глобальному рівні. З огляду на швидкий розвиток технологій та їх постійне впровадження в усі сфери економіки, розуміння їх впливу є ключовим для формування стратегій економічного зростання.

Проблематиці розвитку процесів цифровізації, її впливу на економіку та суспільство присвячено роботи багатьох науковців. Значний внесок у дослідження нової моделі економіки створено розробками зарубіжних вчених: Е. Бринолфссона, Дж. Вестермана, Д. Боннет, Мк. А. Афее, Д. Лайона, Н. Негрепонт, Т. Нібея, Д. Тапскотта та ін. Також проблематиці розвитку цифрової економіки та трансформаційним процесам, що відбуваються під впли-

вом цифровізації, приділено увагу у роботах: В. Апалькова, Д. Бодрової, О. Галушак, Н. Деевої, В. Ляшенка, М. Кизи́ма, Ю. Кіндзерського, К. Краус, Н. Краус, О. Іляш, П. Пучентейла, М. Руденка, П. Халіна та ін. [3–9 та ін.]. Проте, враховуючи високу інтенсивність трансформаційних змін, що відбуваються під впливом цифровізації, динамічність і недостатню вивченість цих процесів, питання аналізу факторів цифровізації та моделювання їх впливу на економічний розвиток країн є актуальним та таким, що потребує подальших досліджень.

Метою статті є побудова моделі впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу із застосуванням когнітивного підходу.

Викладення основних результатів дослідження. Проблеми дослідження складних економічних систем зумовлені низкою особливостей. По-перше, взаємозв'язаністю процесів, що в них відбуваються, та їх багатоаспектністю; в силу цього неможливе вичленення та детальне дослідження окремих явищ – всі явища, що відбуваються всередині економічної системи, повинні розглядатися та досліджуватися в сукупності. По друге, відсутністю достатньої кількісної інформації про динаміку процесів, що відбуваються в системі, яка моделюється, що змушує використовувати поряд з кількісною і якісну інформацію при описанні таких процесів. По-третє, нестационарністю самих процесів, причому характер зміни тих чи інших характеристик процесів часто невідомий, що ускладнює побудову їх кількісних моделей. Такі системи називаються слабкоструктурованими (слабоформалізованими). У них неможливий традиційний математичний (економічний, соціометричний і т. п.) підхід до аналізу процесів для вироблення комплексних рішень. Для моделювання складних слабоформалізованих систем використовується когнітивний підхід, який ґрунтується на когнітивних аспектах [10].

Задачі аналізу слабкоструктурованих ситуацій на основі когнітивного підходу можна розділити на два типи: статичні та динамічні. Статичний аналіз, або аналіз впливів – це аналіз ситуації, що досліджується, за допомогою вивчення структури взаємодії когнітивної карти. Аналіз впливів виділяє фактори із найбільш сильним впливом на цільові фактори, тобто фактори, значення яких потрібно змінити. Динамічний аналіз лежить в основі генерації можливих сценаріїв розвитку ситуації в часі.

Когнітивний підхід до моделювання слабкоструктурованими системами спрямований на розробку формальних моделей і методів, які підтримують інтелектуальний процес вирішення проблем завдяки врахуванню в цих моделях і методах когнітивних можливостей (сприйняття, представлення, пізнання, розуміння, пояснення) [11; 12].

Прикладна ніша застосування когнітивних карт охоплює складні та слабкоструктуровані ситуації, в том числі ситуації, пов'язані з багатосуб'єктністю. Під когнітивною картою ситуації розуміється формалізована модель ситуації, що відображає знання і/або вірування суб'єкта, індивідуального чи колективного, про причинно-наслідкові впливи між значущими факторами ситуації, будь ці впливи законами розвитку ситуації або правилами прийняття рішень суб'єктів, залучених до ситуації [11–13].

Базисні фактори – це фактори, які (1) визначають та обмежують, явища та процеси, які спостерігаються в слабкоструктурованій системі та оточуючого її середовища та (2) інтерпретовані суб'єктом управління як суттєві, ключові параметри, признаки цих явищ та процесів [12; 13].

Когнітивна модель базується на формальному уявленні причинно-наслідкових зв'язків між факторами, що описують слабкоструктуровану систему. Когнітивна модель залежно від вихідних даних може мати різні форми. Зазвичай побудова когнітивної моделі починається з її математично більш простої форми – когнітивної карти у вигляді знакового орієнтованого графа [12; 13]:

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (1)$$

в якому $V = \{v_i\}, i = 1, 2, \dots, k$ – множина вершин (концептів, об'єктів, сутностей) v_i ;

$E = \{e_{ij}\}, i, j = 1, 2, \dots, k$ – множина відношень між вершинами v_i і v_j , що відображують взаємозв'язок, взаємовплив об'єктів один на одного.

Ускладнення моделі у міру накопичення інформації може йти в напрямку додавання ваг вершинам і дугам, завдання функціональних залежностей вершин одна від одної. Джерелом інформації при розробці когнітивних моделей є теоретичні, експертні, статистичні дані. До основних етапів когнітивного моделювання включають [14]:

1. Обґрунтування мети і завдань дослідження.
2. Вивчення рівня складності ситуації з позицій поставленої мети: збирання, систематизація, аналіз наявної статистичної та якісної інформації, визначення притаманних досліджуваній ситуації вимог, умов і обмежень.
3. Виділення основних факторів, що впливають на розвиток досліджуваної ситуації.
4. Визначення взаємозв'язку між факторами шляхом розгляду причинно-наслідкових ланцюжків (побудова когнітивної карти у вигляді орієнтованого графа).
5. Вивчення сили взаємодії різних факторів. Для цього використовуються як математичні моделі, які описують деякі точно виявлені кількісні залежності між факторами, так і суб'єктивні уявлення експерта щодо формалізації якісних зв'язків між факторами.

На етапах 3–5 будується остаточна когнітивна модель досліджуваної ситуації (системи), яка відображається у вигляді функціонального графа.

6. Перевірка адекватності когнітивної моделі реальній ситуації (верифікація когнітивної моделі).
7. Визначення за допомогою когнітивної моделі можливих варіантів розвитку досліджуваної ситуації (системи), виявлення шляхів, механізмів впливу на ситуацію з метою досягнення бажаних результатів, запобігання небажаним наслідкам, тобто вироблення стратегії управління.

Базуючись на узагальненні наробку науковців у сфері когнітивного аналізу та моделювання [11–16], пропонується наступний методичний підхід до моделювання впливу факторів цифровізації на розвиток економіки країн світу на основі когнітивного підходу (рис. 1).

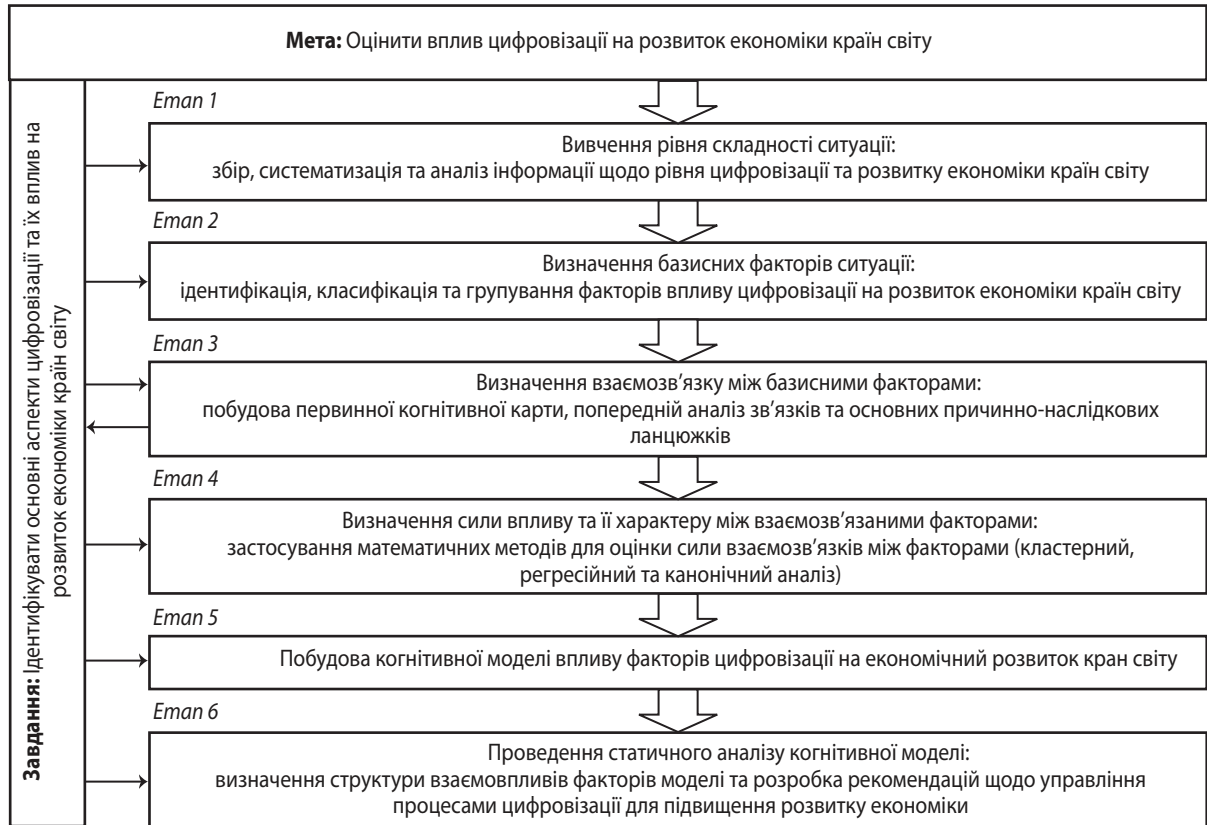


Рис. 1. Методичний підхід до моделювання впливу факторів цифровізації на розвиток економіки країн світу

Джерело: авторська розробка

На першому етапі, згідно з запропонованим методичним підходом, проводиться збір, систематизація та аналіз інформації щодо рівня цифровізації та розвитку економіки країн світу. Як показники цифровізації пропонується використовувати Індекс світових рейтингів оцінки рівня цифровізації [17–31].

У дослідженні [32] зазначається, що протягом понад двох десятиліть дослідження підтверджують зв'язок між інвестиціями в ІКТ та ключовими показниками, такими як економічне зростання, зайнятість, продуктивність, і соціальними показниками, такими як рівень смертності та рівень доходу. У 2016 році дослідники з Центру європейських економічних досліджень виявили причинно-наслідковий зв'язок між інвестиціями в телекомунікації та зростанням ВВП на душу населення. Згідно з даними Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU), 10 % збільшення рівня проникнення мобільного широкопasmового зв'язку може призвести до зростання ВВП на душу населення на 0,9–1,5 % у всьому світі, з різними рівнями впливу на країни залежно від рівня їхнього економічного розвитку.

Цифрова трансформація як інтеграція цифрових технологій у бізнес призводить до фундаментальних змін у способах ведення бізнесу, спілкування та розвитку на національному та міжнародному рівнях. Збільшуються державні витрати на високі технології, що пов'язано зі збільшенням потреби у високих технологіях, а також зі збільшенням значення та переваг, які вони приносять розвитку економіки. Цей так званий цифровий або високотехноло-

гічний сектор є одним із стратегічних секторів у провідних економіках світу [33].

Організація економічного співробітництва та розвитку визначає різні категорії продуктів ІКТ: (1) комп'ютери та периферійне обладнання; (2) комунікаційне обладнання; (3) побутове електронне обладнання; (4) різноманітні компоненти та товари ІКТ; (5) послуги з виробництва обладнання ІКТ; (6) програмне забезпечення для бізнесу та послуги з ліцензування; (7) консультації та послуги з інформаційних технологій; (8) телекомунікаційні послуги; (9) послуги лізингу або оренди обладнання ІКТ та (10) інші послуги ІКТ [34].

Таким чином, як показники розвитку економіки країн світу, що пов'язані з впливом процесів цифровізації, необхідно використовувати показники, що характеризують ВВП, валову додану вартість, зайнятість, виробництво й торгівлю товарами і послугами ІКТ і комп'ютерних комунікацій. Як статистичну інформаційну базу в роботі було використано «Показники світового розвитку» Світового банку [35].

Згідно із запропонованим методичним підходом на наступному етапі дослідження визначаються базисні фактори впливу цифровізації на економічний розвиток країн світу, що будуть основою для побудови первинної когнітивної карти.

У табл. 1 наведено визначені фактори, що характеризують рівень впливу цифровізації на розвиток економіки в 68 країнах світу.

Фактори впливу цифровізації на розвиток економік країн світу

Фактори	Умовні позначення
<i>Цифровізації</i>	
Глобальний інноваційний індекс	D1
Індекс прийняття цифровізації	D2
Глобальний індекс конкурентоспроможності	D3
Індекс світової цифрової конкурентоспроможності	D4
Індекс розвитку ІКТ	D5
Індекс готовності до мережі	D6
Глобальний індекс кібербезпеки	D7
Індекс розвитку електронного урядування	D8
Індекс електронної участі	D9
Індекс онлайн-послуг	D10
Індекс людського капіталу	D11
Індекс телекомунікаційної інфраструктури	D12
Індекс цифрового інтелекту	D13
Глобальний індекс підключення	D14
Індекс мобільного підключення	D15
Оцінка легкості ведення бізнесу	D16
<i>Економічні</i>	
ВВП на душу населення	E1
Додана вартість середньо- та високотехнологічного виробництва	E2
Зайнятість у сфері послуг	E3
Експорт товарів ІКТ	E4
Імпорт товарів ІКТ	E5
Експорт послуг ІКТ	E6
Додана вартість послуг	E7
Експорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг	E8
Імпорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг	E9
Торівля послугами	E10

Джерело: авторська розробка

Як видно з табл. 1, серед визначених базових факторів впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу 16 є індексами оцінки рівня цифровізації в країнах світу та характеризують розвиток інновацій та ІКТ, телекомунікаційну інфраструктуру, впровадження мобільного Інтернету та цифрових технологій, рівень кібербезпеки, людський капітал, конкурентоспроможність і легкість ведення бізнесу, розвиток електронного урядування та онлайн-послуг.

До економічних факторів впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу віднесено 10, що характеризують ВВП на душу населення, додану вартість у середньо- та високотехнологічному виробництві та торівлі, зайнятість сфері послуг, торівлю товарами та послугами ІКТ, надання комп'ютерних комунікаційних та інших послуг.

Побудова когнітивної карти та її параметризація є найважливішими та найскладнішими етапами та потребують оптимізації, вона ускладнюється за наявності великої

кількості вхідних даних (концептів), а отже, і більшої кількості зв'язків між ними [13]. На практиці найчастіше у вхідних даних з'являються схожі за якимись ознаками й утворюються зв'язки, що слабо відрізняються один від одного й слабо впливають на поведінку когнітивної карти окремо. Саме для такого типу вхідних даних використовуються методи оптимізації розмірності даних.

Необхідність класифікації вхідних даних за певними ознаками обумовлена тим, що така процедура зменшує внутрішню розмірність множини даних, що суттєво полегшує побудову когнітивної карти для заданої системи. Одним із відомих напрямів зменшення внутрішньої розмірності даних є кластеризація даних.

Кластерний аналіз дозволяє розбивати безліч даних на скінченне число однорідних груп, що допомагає ідентифікувати групи подібних концептів і полегшує подальший аналіз, спрощує розуміння загальної структури системи та зв'язків між її елементами, а також дає можливість вияв-

лення латентних зв'язків та патернів, що сприяє розширеному розумінню досліджуваної системи.

Методом кластерного аналізу, що найбільш підходить для вирішення такого роду задач, є ієрархічні агрегативні методи. Сутність цих методів у тому, що у першому кроці кожен об'єкт сприймається як окремий кластер. Процес об'єднання кластерів відбувається послідовно: на підставі матриці відстаней або матриці подібності об'єднуються найближчі об'єкти.

У кластерному аналізі кожен об'єкт описується k ознаками, тобто він може бути представлений як точка в k -мірному просторі. Подібність до інших об'єктів буде визначатися як відповідна відстань. У кластерному аналізі використовують різні відстань між об'єктами, але в цьому випадку пропонується використовувати відстань City-block (Manhattan). На відміну від евклідової відстані, яка часто використовується при кластеризації, відстань City-block зменшує вплив окремих великих різниць (викидів), оскільки вони не підносяться до квадрата.

$$d_M(x_i, x_j) = \sum |x_{il} - x_{jl}|, \quad (2)$$

де x_i, x_j – координати i -го і j -го об'єктів в k -мірному просторі;

x_{il}, x_{jl} – величина l -ї компоненти (фактора) у i -го (j -го) об'єкта.

Розраховуючи відстані між точками за формулою (2), будується матриця відстаней:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де P_{11} – відстань між i -м і j -м об'єктами [10].

Процес об'єднання кластерів відбувається послідовно: виходячи з матриці відстаней об'єднуються найближчі об'єкти одним із методів ієрархічного кластерного аналізу.

В роботі пропонується використовувати Ward's method (метод Уорда) ієрархічного кластерного аналізу. В цьому методі як цільову функцію застосовують внутрішньогрупову суму квадратів відхилень, яка є сумою квадратів відстаней між кожною точкою (об'єктом) і середньою по кластеру, що містить цей об'єкт. На кожному кроці об'єднуються такі два кластери, які призводять до мінімального збільшення цільової функції, тобто внутрішньогрупової суми квадратів відхилень. Цей метод спрямований на об'єднання кластерів, що близько розташовані. Помічено, що Ward's method (метод Уорда) призводить до утворення кластерів приблизно рівних розмірів, що мають форму гіперсфер [36; 37].

У загальному вигляді алгоритм ієрархічного кластерного аналізу можна подати у вигляді послідовності процедур:

1. Значення вихідних змінних нормуються.
2. Розраховується матриця відстаней чи матриця мір близькості.
3. Знаходиться пара найближчих кластерів. За вибраним алгоритмом ці два кластери об'єднуються. Новому кластеру присвоюється менший із номерів кластерів, що об'єднуються.

4. Пункти 2, 3 і 4 повторюються доти, доки всі об'єкти не будуть об'єднані в один кластер або до досягнення заданого «порога» близькості.

В результаті отримуємо кластери, елементи яких схожі за певними ознаками, такий розподіл є вагомим підґрунтям при побудові когнітивної карти.

На рис. 2 наведено дендрограму класифікації факторів впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу, яку побудовано на основі розрахунку відстані City-block та групуванням факторів методом Уорда.

Як видно з рис. 2, всі фактори впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу були об'єднані в один кластер на відстані $d_M \approx 128$, а на відстані $70 < d_M < 81$ чітко просліджуються існування трьох великих кластерів, у яких залежно від відстаней об'єднання можна виділити кластери нижчого рівня.

Так, виходячи з порядку об'єднання (відстані) факторів в кластерах (рис. 2) нижчого рівня в кластери вищого рівня можна зробити висновок, що фактори (Зайнятість у сфері послуг (E3), Додана вартість послуг (E7), Індекс електронної участі (D9), Індекс онлайн-послуг (D10)) є більш віддаленими від центру кластера вищого рівня, до якого їх віднесено, тому доцільно виділити ці фактори в окремий кластер.

Дослідимо більш детально фактори впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу, що потрапили до визначених кластерів.

У табл. 2 наведено групування факторів впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу за визначеними кластерами.

З табл. 2 видно, що до першого кластера увійшло сім факторів, шість із яких характеризують такі аспекти цифровізації країн світу як рівень розвитку інновацій та цифрових технологій, вплив ІКТ на національну економіку, економічну та цифрову конкурентоспроможність, а сьомий фактор відноситься до групи економічних – ВВП на душу населення. Фактори цього кластера в контексті впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу можна охарактеризувати як «Потенціал цифровізації».

До другого кластера увійшло вісім факторів, які характеризують такі аспекти сфери цифровізації країн світу, як ефективність впровадження цифрових технологій в економіці, серед населення, в урядових установах і бізнесі, ефективність інформаційно-комунікаційних технологій, впровадження мобільного Інтернету та рівень кібербезпеки. Фактори цього кластера в контексті впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу можна охарактеризувати як «Ефективність впровадження цифровізації».

До третього кластера увійшло чотири фактори, два з них характеризують такі аспекти цифровізації країн світу, як отримання електронної інформації та консультацій, отримання документів, сплата податків і реєстрація бізнесу в електронному вигляді, а два фактори характеризують економічну сферу – рівень доданої вартості та зайнятості в сфері послуг. Фактори цього кластера в контексті впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу можна охарактеризувати як «Реалізація цифровізації».

До четвертого кластера увійшло сім факторів, які характеризують такі аспекти сфери впровадження цифро-

Tree Diagram for 26 Variables
Ward's method
City-block (Manhattan) distances

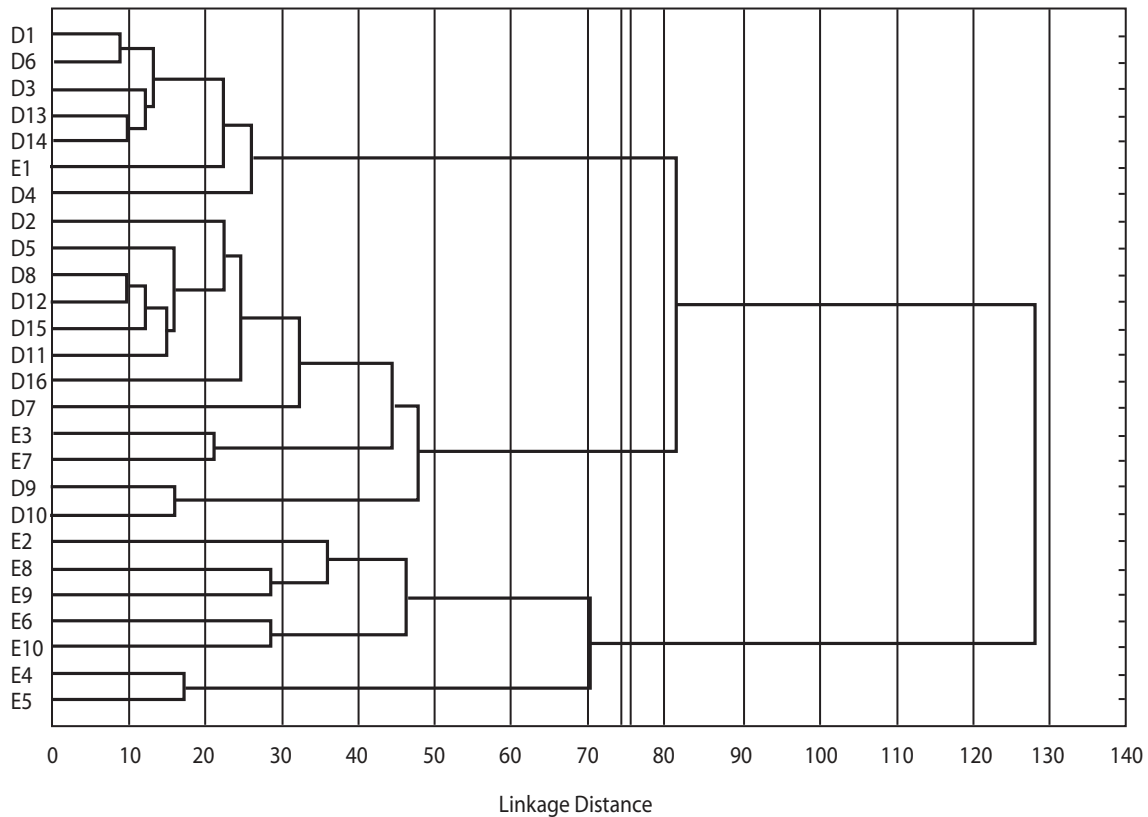


Рис. 2. Дендрограма класифікації факторів впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу

Джерело: авторська розробка

Таблиця 2

Класифікація факторів впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу

Фактори	Умовні позначення
1	2
<i>1-й кластер</i>	
Глобальний інноваційний індекс	D1
Індекс готовності до мережі	D6
Глобальний індекс конкурентоспроможності	D3
Індекс цифрового інтелекту	D13
Глобальний індекс підключення	D14
ВВП на душу населення	E1
Індекс світової цифрової конкурентоспроможності	D4
<i>2-й кластер</i>	
Індекс прийняття цифровізації	D2
Індекс розвитку ІКТ	D5
Індекс розвитку електронного урядування	D8
Індекс телекомунікаційної інфраструктури	D12
Індекс мобільного підключення	D15
Індекс людського капіталу	D11
Оцінка легкості ведення бізнесу	D16

Закінчення табл. 2

1	2
Глобальний індекс кібербезпеки	D7
<i>3-й кластер</i>	
Зайнятість у сфері послуг	E3
Додана вартість послуг	E7
Індекс електронної участі	D9
Індекс онлайн-послуг	D10
<i>4-й кластер</i>	
Додана вартість середньо- та високотехнологічного виробництва	E2
Експорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг	E8
Імпорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг	E9
Експорт послуг ІКТ	E6
Торгівля послугами	E10
Експорт товарів ІКТ	E4
Імпорт товарів ІКТ	E5

Джерело: авторська розробка

вих технологій в економіці як додана вартість середньо- та високотехнологічного виробництва, торгівлю послугами, зокрема комп'ютерно-комунікаційними, та торгівлю інформаційно-комунікаційними технологіями. Фактори цього кластера в контексті впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу можна охарактеризувати як «Виробництво і сфера послуг, пов'язаних з цифровізацією».

На наступному етапі дослідження було розраховано коефіцієнти парної кореляції між досліджуваними факторами впливу цифровізації на розвиток економіки країн світу.

Аналіз коефіцієнтів парної кореляції показав значущий рівень і велику кількість зв'язків між факторами в середині першого, другого та третього кластерів, в середині четвертого кластера значущий рівень зв'язків був між деякими факторами. Також значущий рівень і велика кількість зв'язків простежувалася між факторами першого, другого та третього кластерів, четвертий кластер мав декілька факторів із значущим рівнем зв'язків з іншими кластерами.

Для виявлення «скритих» зв'язків між факторами впливу цифровізації на розвиток економіки в роботі пропонується проведення канонічного аналізу між факторами четвертого та трьох інших визначених кластерів.

Канонічний аналіз є узагальненням множинної кореляції як міри зв'язку між однією випадковою величиною і множиною інших випадкових величин [36; 37]. Множинна кореляція є максимальною кореляцією між однією випадковою величиною і лінійною функцією інших випадкових величин. Ця концепція була узагальнена на випадок зв'язку між множинами випадкових величин. Канонічний аналіз застосовується у випадку, якщо мають дві великі множини величин і необхідно визначити взаємозв'язок між ними. При цьому достатньо обмежитися розглядом невеликого числа найбільш корельованих лінійних комбінацій із кожної множини.

Таким чином, якщо мають дві множини, що містять p і q змінних відповідно, досліджується залежність

між зваженими сумами змінних із кожної множини (тобто між лінійними комбінаціями p і q змінних відповідно).

$$a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots + a_p y_p = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_q x_q, \quad (4)$$

де під знаком «=» мається на увазі наявність стохастичного взаємозв'язку між лінійними комбінаціями змінних обох множин.

За термінологією аналізу канонічної кореляції зважені суми визначають канонічний корінь або канонічну змінну. Ці канонічні змінні (зважені суми) можна розглядати як визначення деяких «прихованих» змінних, що лежать в основі явищ, що спостерігаються. При цьому канонічний аналіз практично завжди призводить до обчислення більш ніж однієї пари зважених сум. Число канонічних коренів дорівнює кількості змінних у меншій множині.

При обчисленні більш ніж одного кореня кожна наступна пара канонічних змінних пояснює свою унікальну частку мінливості цих двох наборів змінних. При цьому пари канонічних змінних, що послідовно розраховуються, не корельовані одна з одною і пояснюють меншу й меншу частку мінливості.

Для обчислення канонічних коренів використовується загальна кореляційна матриця [36; 37], яка формується із підматриць $R_{pp}, R_{pq}, R_{qq}, R_{qp}$:

$$R = \begin{pmatrix} R_{pp} & R_{pq} \\ R_{qp} & R_{qq} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де R_{pp} – матриця кореляцій між змінними 1-ї групи;

$R_{pq} = R_{qp}^T$ – матриця кореляцій між змінними 1-ї та 2-ї груп;

R_{qq} – матриця кореляцій між змінними 2-ї групи.

Як функція від загальної кореляційної матриці будується матриця B розмірності $p \times q$:

$$B = R_{pp}^{-1} \cdot R_{pq} \cdot R_{qq}^{-1} \cdot R_{qp}. \quad (6)$$

При проведенні аналізу розраховується стільки власних значень матриці B , скільки є канонічних коренів, тобто стільки, скільки змінних містить найменша множина. Квадратні корінь із отриманих власних значень можна проінтерпретувати як коефіцієнти кореляції. Оскільки вони відносяться до канонічних змінних, їх також називають канонічними кореляціями.

Визначені значущі канонічні корні інтерпретуються в розрізі розрахованих канонічних ваг, зіставлених кожній множині змінних. При проведенні аналізу враховується, що чим більша приписана вага (абсолютне значення ваги), тим більший внесок відповідної змінної в значення канонічної змінної. Таким чином, дослідження канонічних ваг дозволяє зрозуміти «значення» кожного канонічного кореня, тобто побачити, як конкретні змінні у кожній множині впливають на зважену суму (тобто канонічну змінну).

З розрахунків канонічних кореляцій між факторами 4-го кластера та трьома іншими визначеними кластерами було виявлено, що канонічна кореляція між факторами 1-го та 4-го кластерів становить 0,8717, статистичну значущість підтверджує високе значення статистики $\chi^2 = 130,1$ та рівень значущості $p < 0,001$. За значеннями канонічних ваг найбільший вклад у значення канонічної змінної робили такі фактори 1-го кластера, як «Індекс готовності до мережі», «Індекс світової цифрової конкурентоспроможності» та «ВВП на душу населення», а 4-го кластера – «Додана вартість середньо- та високотехнологічного виробництва», «Експорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг» та «Імпорт товарів ІКТ».

Канонічна кореляція між факторами 2-го та 4-го кластерів становила 0,7715, статистичну значущість підтверджує високе значення статистики $\chi^2 = 90,6$ та рівень значущості $p < 0,05$. За значеннями канонічних ваг найбільш вагомий внесок у значення канонічної змінної робили такі фактори 2-го кластера, як «Індекс мобільного підключення», «Індекс прийняття цифровізації» та «Індекс телекомунікаційної інфраструктури», а 4-го кластера – «Додана вартість середньо- та високотехнологічного виробництва», «Експорт послуг ІКТ» та «Імпорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг».

Канонічна кореляція між факторами 3-го та 4-го кластерів складала 0,6066, статистичну значущість підтверджує досить високе значення статистики $\chi^2 = 42,9$ та рівень значущості $p < 0,05$. За значеннями канонічних ваг найбільш вагомий внесок у значення канонічної змінної робили такі фактори 3-го кластера, як «Послуги додана вартість», «Зайнятість у сфері послуг» та «Індекс електронної участі», а 4-го кластера – «Експорт комп'ютерних комунікаційних та інших послуг», «Експорт послуг ІКТ» та «Імпорт товарів ІКТ».

Таким чином, відповідно до проведених розрахунків коефіцієнтів парної та канонічної кореляції було визначено характер зв'язків між сформованою системою факторів, що характеризують «Потенціал цифровізації», «Ефективність впровадження цифровізації», «Реалізацію цифровізації» та «Виробництво і сферу послуг, пов'язаних з цифровізацією», на основі чого з використанням формальної когнітивної карти було побудовано когнітивну модель впливу факторів цифровізації на розвиток економіки країн світу (рис. 3).

Таким чином, побудована когнітивна модель дає змогу наглядно дослідити вплив факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу.

Як видно з рис. 3, серед факторів, що характеризують «Потенціал цифровізації», існує суттєвий зв'язок, зокрема контур факторів «Глобальний інноваційний індекс» (0,9601) → «Індекс готовності до мережі» (0,9603) → «Глобальний індекс підключення» (0,8663) → «ВВП на душу населення» (0,7733) → «Глобальний інноваційний індекс». Суттєві зв'язки між даними факторами вказують на те, що високий рівень інновацій в країні сприяє розвитку цифрової інфраструктури та покращує готовність до впровадження нових технологій. Своєю чергою, широкий доступ до Інтернету стимулює економічний розвиток за рахунок створення нових робочих місць, розвитку нових галузей та підвищення продуктивності, що призводить до зростання ВВП, а це дозволяє більше інвестувати в цифрову інфраструктуру та технології, що призводить до зростання потенціалу цифровізації в країні.

Таким чином, складаються передумови «Ефективності впровадження цифровізації», які відстежуються через ланцюжок факторів «Індекс світової цифрової конкурентоспроможності» (0,9095) → «Глобальний індекс конкурентоспроможності» (0,8074) → «ВВП на душу населення» (0,7733) → «Глобальний інноваційний індекс» (0,6250) → «Індекс розвитку ІКТ» (0,6347) → «Індекс людського капіталу» (0,6241) → «Глобальний індекс конкурентоспроможності». Тобто підвищення цифрової та загальної конкурентоспроможності сприяє економічному зростанню і розвитку цифрових інновацій, що підвищує розвиток сектора ІКТ і сприяє покращенню освітніх і навчальних програм, підвищує загальний рівень освіти та кваліфікації населення, що призводить до зростання загального рівня конкурентоспроможності країн світу.

Фактори, що характеризують «Ефективність впровадження цифровізації», також мають суттєвий зв'язок між собою, зокрема контур факторів «Індекс телекомунікаційної інфраструктури» (0,9085) → «Індекс розвитку електронного урядування» (0,7870) → «Індекс прийняття цифровізації» (0,7527) → «Індекс розвитку ІКТ». Таким чином, розвинена телекомунікаційна інфраструктура забезпечує надійну основу для покращення мобільного підключення, сприяє поширенню і доступності мобільних технологій, впровадженню електронного урядування, полегшуючи доступ громадян і бізнесу до цифрових державних послуг, що сприяє широкому прийняттю цифрових технологій серед населення та бізнесу, стимулюючи загальний розвиток ІКТ, оскільки зростає попит на інформаційно-комунікаційні послуги й інфраструктуру.

Через широке впровадження цифрових технологій населенням і бізнесом відбувається зростання «Реалізації цифровізації» в економіці, це показують високі зв'язки між факторами «Індекс розвитку електронного урядування» (0,5990) → «Індекс електронної участі» та «Індекс мобільного підключення» (0,5424) → «Зайнятість у сфері послуг». Таким чином, високий рівень мобільного підключення та розвиток електронного урядування є ключовими факторами, що стимулюють зростання доступності та якості цифрових послуг для населення й бізнесу, а також їх активну участь у цифрових процесах.

Процеси «Реалізація цифровізації» стимулюють зростання попиту на робочу силу у секторі послуг, що пов'язані з цифровими технологіями, а зростання доданої вартості середньо- та високотехнологічного виробництва й сектору послуг є наслідком підвищення продуктивності та якості послуг через цифрову трансформацію, що загалом сприяє економічному розвитку країни.

Таким чином, виходячи з проведеного аналізу ефективна стратегія управління процесами цифровізації для підвищення розвитку економіки країни повинна включати розвиток інноваційного потенціалу через підтримку досліджень та інноваційних стартапів, розширення цифрової інфраструктури, особливо у сфері телекомунікацій та мобільного підключення, підвищення готовності до впровадження нових технологій через освітні програми та підготовку кваліфікованих кадрів, а також розвиток електронного урядування для забезпечення широкого доступу до цифрових державних послуг. Стимулювання економічного зростання через підтримку цифрових бізнес-процесів, підвищення конкурентоспроможності за рахунок розвитку ІКТ-сектора, забезпечення активної участі населення у цифрових процесах через просвітницькі кампанії та підтримку цифрової участі, а також моніторинг та оцінку ефективності цифровізації для постійного вдосконалення стратегії сприятимуть більш глибокому впровадженню цифровізації в економіці. Такі заходи сприятимуть підвищенню продуктивності та зростанню доданої вартості у виробництві та сфері послуг, що призведе до зростання ВВП, забезпечуючи стає економічне зростання і якість життя населення країни.

ЛІТЕРАТУРА

- Buriak I., Petchenko M. Analysis of the dilemmas of building an accounting system for the needs of future economic management. *Futurity Economics & Law*. 2021. No. 1 (1). P. 17–23. DOI: 10.57125/FEL.2021.03.25.3
- Фіщук В. Цифрова акселерація України. URL: <https://uifuture.org/publications/24855-tsyfrova-akseleratsiya-ukrainy/>
- Хаустов М. М., Бондаренко Д. В. Цифровізація: здобутки та загрози для суспільства. *InterConf*. 2021. № 51. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/11577>
- Kraus K., Kraus N. The nature of digital transformation. Energy of the economy. How to feel, understand and use it : Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. 280 p. DOI: 10.30525/978-9934-26-287-6
- Ляшенко В. І., Вишневецький О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : ІЕП НАН України, 2018. 252 с.
- Кіндзерський Ю. В. Генеза і особливості цифрової економіки у контексті перспектив її становлення в Україні. *Економіка та держава*. 2020. № 8. С. 10–14. DOI: 10.32702/2306-6806.2020.8.10
- Kuzym M., Khaustova V., Reshetnyak O., Danko N. Significance of developmental science under assimilation of the digitalization of the Ukrainian economy. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020. No. 29 (6). P. 1037–1042.
- Khaustova V., Kuzym M., Trushkina N., Khaustov M. Digital transformation of energy infrastructure in the conditions of global changes: bibliometric analysis. *Proceedings of the 12th International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT)*, March 2024. URL: https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/117619/1/2_10_ICAIIIT_2024_Part_4_paper_7.pdf
- Khaustova V., Ilyash O., Smoliar L., Bondarenko D. Digitalization and Its Impact on the Development of Society // Applications of Synthetic High Dimensional Data / M. Sobczak-Michalowska, S. Borah, Z. Polkowski, S. Mishra (Eds.). 2024. P. 54–76. IGI Global. DOI: 10.4018/979-8-3693-1886-7.ch004
- Прохорова В. В. Когнітивне моделювання сталого економічного розвитку підприємств. *Економіка та управління*. 2011. № 1. С. 24–29.
- Khaustova V. E., Zinchenko V. A. The development of cognitive science as a scientific field and use of it in addressing socio-economic challenges. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*. 2009. No. 2 (7). URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000420404600025>
- Хаустова В. Є., Зінченко В. А., Мощицька Т. А. Сутність когнітивного моделювання та особливості його застосування в сучасних дослідженнях. *Бізнес Інформ*. 2009. № 12 (2). С. 200–203.
- Кизим М. О., Хаустова В. Є. Особливості перевірки моделей на основі когнітивних карт на стійкість і достовірність // Сучасні підходи до моделювання складних соціально-економічних систем : монографія. Харків : ФОРМ Александрова К. М., ВД «НЖЕК», 2011. С. 102–116.
- Кадієвський В. А., Покрун Л. П. Когнітивне моделювання прийняття управлінських рішень на підприємстві. *Науковий вісник Національної Академії статистики, обліку та аудиту*. 2016. № 3. С. 48–56.
- Таран Т. А., Шемаєв В. М. Узагальнені оцінки чинників у задачах когнітивного моделювання. *Математичні машини і системи*. 2004. № 3. С. 110–124.
- Хаустов М. М. Стартапи: створення та масштабування : монографія. Харків : ФОРМ Лібуркіна Л. М., 2023. 224 с. URL: https://ndc-ipr.org/media/publications/files/Mono_Startups_aWK106u.pdf
- Global Innovation Index. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/
- Digital Adoption Index. URL: <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016/Digital-Adoption-Index>
- Global Competitiveness Report. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Competitiveness_Report
- The Global Competitiveness Report 2019. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf
- World Digital Competitiveness Ranking. URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>
- IMD World Digital Competitiveness Ranking 2021. URL: <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-Report-2021>
- Measuring digital development. The ICT Development Index 2023. URL: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2023/>
- Network Readiness Index 2023. URL: <https://networkreadinessindex.org/>
- ITU-D Cybersecurity Program Global Cybersecurity Index – GCIv5 Reference Model (Methodology). URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Documents/GCIv5/513560_2E.pdf
- Global Cybersecurity Index 2020. URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2021-PDF-E.pdf
- E-Government Survey 2022. The Future of Digital Government. URL: <https://desapublications.un.org/sites/default/files/publications/2022-09/Web%20version%20E-Government%202022.pdf>

28. Global Connectivity Index. URL: <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/>
29. GSMA Mobile Connectivity Index. URL: https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-for-development/gsma_resources/mobile-connectivity-index/
30. Digital Intelligence Index. URL: <https://digitalplanet.tufts.edu/digitalintelligence/>
31. Doing Business Report. URL: <https://archive.doingbusiness.org/en/doingbusiness>
32. Driving development. The impact of ICT investments on the digital economy. URL: https://impact.economist.com/projects/driving-the-digital-economy/pdf/Driving-development_The-impact-of-ICT-investments-on-the-digital-economy.pdf
33. Mičić L. Digital transformation and its influence on GDP. *Economics*. 2017. № 5. P. 135–147.
34. Measuring The Information Economy. OECD (2002). URL: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/1835738.pdf>
35. World Development Indicators / The World Bank. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/preview/on>
36. Statistica 6.0. URL: https://statistica.software.informer.com/6.0/#google_vignette
37. TIBCO Statistica User's Guide Version 14.0. URL: <https://docs.tibco.com/pub/stat/14.0.0/doc/html/UsersGuide/GUID-058F49FC-F4EF-4341-96FB-A785C2FA76E9-homepage.html>

REFERENCES

- Buriak, I., and Petchenko, M. "Analysis of the dilemmas of building an accounting system for the needs of future economic management". *Futurity Economics & Law*, no. 1(1) (2021): 17-23. DOI: 10.57125/FEL.2021.03.25.3
- "Digital Adoption Index". <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016/Digital-Adoption-Index>
- "Digital Intelligence Index". <https://digitalplanet.tufts.edu/digitalintelligence/>
- "Doing Business Report". <https://archive.doingbusiness.org/en/doingbusiness>
- "Driving development. The impact of ICT investments on the digital economy". https://impact.economist.com/projects/driving-the-digital-economy/pdf/Driving-development_The-impact-of-ICT-investments-on-the-digital-economy.pdf
- "E-Government Survey 2022. The Future of Digital Government". <https://desapublications.un.org/sites/default/files/publications/2022-09/Web%20version%20E-Government%202022.pdf>
- Fishchuk, V. "Tsyfrova akseleratsiia Ukrainy" [Digital Acceleration of Ukraine]. <https://uifuture.org/publications/24855-tsyfrova-akseleratsiya-ukrainy/>
- "Global Competitiveness Report". https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Competitiveness_Report
- "Global Connectivity Index". <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/>
- "Global Cybersecurity Index 2020". https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2021-PDF-E.pdf
- "Global Innovation Index". https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/
- "GSMA Mobile Connectivity Index". https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-for-development/gsma_resources/mobile-connectivity-index/
- "IMD World Digital Competitiveness Ranking 2021". <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-Report-2021>
- "ITU-D Cybersecurity Program Global Cybersecurity Index - GCIv5 Reference Model (Methodology)". https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Documents/GCIv5/513560_2E.pdf
- Kadiievskiy, V. A., and Pkrkhun, L. P. "Kohnityvne modeliuвання pryiniattia upravlynskykh rishen na pidpriyemstvi" [Cognitive Modeling of Management Decision-making at the Enterprise]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoi Akademii statystyky, obliku ta audytu*, no. 3 (2016): 48-56.
- Khaustov, M. M. "Startupy: stvorennia ta masshtabuvannya" [Startups: Creating and Scaling]. Kharkiv : FOP Liburkina L. M., 2023. https://ndc-ipr.org/media/publications/files/Mono_Startups_aWK106u.pdf
- Khaustov, M. M., and Bondarenko, D. V. "Tsyfrovizatsiia: zdobutky ta zahrozy dlia suspilstva" [Digitization: Achievements and Threats to Society]. InterConf. 2021. <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/11577>
- Khaustova, V. E., and Zinchenko, V. A. "The development of cognitive science as a scientific field and use of it in addressing socio-economic challenges". *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*. 2009. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000420404600025>
- Khaustova, V. et al. "Digital transformation of energy infrastructure in the conditions of global changes: bibliometric analysis". *Proceedings of the 12th International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT)*, March 2024. https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/117619/1/2_10_ICAIIIT_2024_Part_4_paper_7.pdf
- Khaustova, V. et al. "Digitalization and Its Impact on the Development of Society". In *Applications of Synthetic High Dimensional Data*, 54-76. IGI Global, 2024. DOI: 10.4018/979-8-3693-1886-7.ch004
- Khaustova, V. Ye., Zinchenko, V. A., and Moshchytska, T. A. "Sutnist kohnityvnoho modeliuвання ta osoblyvosti ioho zastosuvannya v suchasnykh doslidzhenniakh" [The Essence of Cognitive Modeling and Features of its Application in Modern Research]. *Business Inform*, no. 12(2) (2009): 200-203.
- Kindzerskyi, Yu. V. "Henezha i osoblyvosti tsyfrovoy ekonomiky u konteksti perspektyv yii stanovlennia v Ukraini" [Genesis and Features of the Digital Economy in the Context of Prospects for Its Formation in Ukraine]. *Ekonomika ta derzhava*, no. 8 (2020): 10-14. DOI: 10.32702/2306-6806.2020.8.10
- Kraus, K., and Kraus, N. *The nature of digital transformation. Energy of the economy. How to feel, understand and use it*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. DOI: 10.30525/978-9934-26-287-6
- Kyzym, M. et al. "Significance of developmental science under assimilation of the digitalization of the Ukrainian economy". *International Journal of Advanced Science and Technology*, no. 29(6) (2020): 1037-1042.
- Kyzym, M. O., and Khaustova, V. Ye. "Osoblyvosti perevirky modelei na osnovi kohnityvnykh kart na stiiikist i dostovirnist" [Peculiarities of Testing Models Based on Cognitive Maps for Stability and Reliability]. In *Suchasni pidkhody do modeliuвання skladnykh sotsialno-ekonomichnykh system* Kharkiv: FOP Aleksandrova K. M., VD «INZHEK», 2011.
- Liaschenko, V. I., and Vyshnevskiy, O. S. *Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhlyvist proryvnoho rozvytku* [Digital Modernization of Ukraine's Economy as an Opportunity for Breakthrough Development]. Kyiv: IEP NAN Ukrainy, 2018.
- "Measuring digital development. The ICT Development Index 2023". <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2023/>
- "Measuring The Information Economy". OECD (2002). <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/1835738.pdf>

Micic L. "Digital transformation and its influence on GDP". *Economics*, no. 5 (2017): 135-147.

"Network Readiness Index 2023". <https://networkreadiness-index.org/>

Prokhorova, V. V. "Kohnityvne modeliuвання staloho ekonomichnoho rozvytku pidpriemstv" [Cognitive Modeling of Sustainable Economic Development of Enterprises]. *Ekonomika ta upravlinnia*, no. 1 (2011): 24-29.

"Statistica 6.0". https://statistica.software.informer.com/6.0/#google_vignette

"The Global Competitiveness Report 2019". https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

"TIBCO Statistica User's Guide Version 14.0". <https://docs.tibco.com/pub/stat/14.0.0/doc/html/UsersGuide/GUID-058F49FC-F4EF-4341-96FB-A785C2FA76E9-homepage.html>

Taran, T. A., and Shemaiev, V. M. "Uzahalneni otsinky chynnykiv u zadachakh kohnityvnoho modeliuвання" [Generalized Assessments of Factors in Cognitive Modeling Tasks]. *Matematychni mashyny i systemy*, no. 3 (2004): 110-124.

"World Development Indicators". The World Bank. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/preview/on>

"World Digital Competitiveness Ranking". <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>

Стаття надійшла до редакції 29.03.2024 р.
Статтю прийнято до публікації 19.04.2024 р.

■