
UDC 336.051

JEL classification: C01, C02, G10, M15, M21

DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2022.01.083>

Віталія КОЙБІЧУК,

кандидатка економічних наук, доцентка,
доцентка кафедри економічної кібернетики,
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, Суми, Україна, 40007,
e-mail: v.koibichuk@biem.sumdu.edu.ua
ORCID ID: orcid.org/0000-0002-3540-7922

Юлія КУРОВСЬКА,

студентка спеціальності «Економіка»,
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, Суми, Україна, 40007,
e-mail: yu.kurovska@student.sumdu.edu.ua
ORCID ID: orcid.org/0000-0003-2585-8065

**ВПЛИВ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ
ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ
ТРАНСФОРМАЦІЙ НА РІВЕНЬ ЦИФРОВОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ**

Койбічук В., Куровська Ю. Вплив інтегральних показників цифровізації суспільно-економічних трансформацій на рівень цифрового розвитку країни. *Вісник економіки*. 2022. Вип. 1. С. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2022.01.083>

Koibychuk, V., Kurovska, Yu. (2022). Vplyv intehralnykh pokaznykiv tsyfrovizatsii suspilno-ekonomichnykh transformatsii na riven tsyfrovoho rozvytku krainy [The influence of integrated indicators of digitalization of socio-economic transformations on the country's digital development level]. *Visnyk ekonomiky – Herald of Economics*, 4, 83–96. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2022.01.083>

Анотація

Вступ. Розуміння факторів, що ініціюють цифровізацію є надзвичайно актуальним для дослідження економіки в актуальних та перспективних умовах господарювання. Дедалі більшою постає залежність фінансово-економічних систем від великої кількості автоматизованих інформаційних систем та великих даних. Ця тенденція до зростання поступово стає нагальною необхідністю, що дозволяє функціонувати соціально-економічним об'єктам, а розуміння ключових уявлень про стан глобальної цифрової економіки є запорукою стабільного функціонування фінансової системи.

Мета дослідження полягає у розробленні багатофакторної регресійної моделі опису впливу ключових детермінант, що формують рівень ризику використання фінансових установ для легалізації кримінальних доходів та фінансування тероризму, аспекти ведення бізнесу та рівень національної кібербезпеки, на загальний рівень цифрового розвитку країн світу.

© Віталія Койбічук, Юлія Куровська, 2022.

Методи дослідження ґрунтуються на системно-логічному узагальненні змістовної сутності інтегральних показників цифровізації суспільно-економічних трансформацій, контент-аналізу, описової статистики, рангової кореляції Спірмена, багатовимірного статистичного аналізу.

Результати. Розроблено множинну лінійну економетричну модель, що описує вплив інтегральних показників рівня національної кібербезпеки, легкості ведення бізнесу та індексу протидії легалізації коштів, отриманих незаконним шляхом на загальний рівень цифрового розвитку країни. Модель є статистично значущою та може бути імплементована вітчизняними інституціями, зокрема Національним банком України, службами Фінансової розвідки України, Національним координаційним центром кібербезпеки та Міжнародними інституціями для посилення цифрової довіри, виявлення резервів щодо підвищення рівня кібербезпеки в розрізі кожної країни.

Перспективи. Подальші дослідження будуть спрямовані на поглиблений аналіз та оцінювання даних дослідження під іншим кутом, а саме в розрізі розроблення квантильних регресій, які дозволять визначити, як показники національної кібербезпеки та легкості ведення бізнесу для країн з високим рівнем цифрового розвитку впливають на рівень цифрового розвитку, та як значення показників національної кібербезпеки та легкості ведення бізнесу для країн з низьким рівнем цифрового розвитку впливають на рівень цифрового розвитку.

Ключові слова: рівень цифрового розвитку; національний індекс кібербезпеки; легкість ведення бізнесу; рангова кореляція; багатовимірний статистичний аналіз.

Формули: 5, **рис.:** 2, **табл.:** 9, **бібл.:** 12.

Vitaliia KOIBICHUK,

PhD (Economics), Associate Professor,
Associate Professor of the Economic Cybernetics Department,
Sumy State University,
2, Rymskogo-Korsakova st., 40007,
e-mail: v.koibichuk@biem.sumdu.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3540-7922>

Yulia KUROVSKA,

Student, speciality "Economics", Sumy State University,
2, Rymskogo-Korsakova st., 40007,
e-mail: yu.kurovska@student.sumdu.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2585-8065>

THE INFLUENCE OF INTEGRATED INDICATORS OF DIGITALIZATION OF SOCIO-ECONOMIC TRANSFORMATIONS ON THE COUNTRY'S DIGITAL DEVELOPMENT LEVEL

Abstract

Introduction. Understanding the factors that initiate digitalization is extremely relevant for the study of the economy in the current and future economic conditions. The dependence of financial and economic systems on a large number of automated information systems and big data is growing. This upward trend is gradually becoming an urgent need for socio-economic facilities to function, and an understanding of key perceptions of the state of the global digital economy is the key to a stable financial system.

Purpose. *The aim of the study is to develop a multifactor regression model to describe the impact of key determinants that shape the level of risk of using financial institutions to money laundering and terrorist financing, business aspects and national cybersecurity on the overall digital development of the world.*

Methods. *Research methods are based on the system-logical generalization of integrated indicators of socio-economic transformations and digitalization, content analysis, descriptive statistics, Spearman's rank correlation, multidimensional statistical analysis.*

Results. *A multiple linear econometric model has been developed that describes the impact of integrated indicators of the level of national cybersecurity, ease of doing business and the Basel AML index on the overall country's level of digital development. The model is statistically significant and can be implemented by domestic institutions, including the National Bank of Ukraine, the Financial Intelligence Service of Ukraine, the National CyberSecurity Coordination Center and International institutions to strengthen digital trust, identify reserves to increase cybersecurity in each country.*

Prospects. *Further research will focus on in-depth analysis and evaluation of research data from a different angle, namely in terms of developing quantile regressions that will determine how national cybersecurity and ease of doing business for digitally advanced countries affect digital development, and how the importance of national cybersecurity indicators and ease of doing business for countries with low levels of digital development affect the level of digital development.*

Keywords: *digital development level; national cybersecurity index; ease of doing business; rank correlation; multidimensional statistical analysis.*

Formulas: 5, **fig.:** 2, **tab.:** 9, **bibl.:** 12.

JEL classification: C01, C02, G10, M15, M21.

Постановка проблеми. В умовах глобальних змін сфери інформатизації, впровадження цифрових даних в політичну, економічну, фінансову, соціальну сферу потрібен детальний аналіз факторів, що прямо та опосередковано пов'язані з потенційним використанням цих даних в різних шахрайських схемах, особливо кібершахрайств, кіберзлочинів, кіберкрадіжок, детальним аналізом ризик-факторів та упередженням щонайменших проявів кіберзлочинності. Саме фінансові інституції є лідуючими таргетами для шахраїв. Тому постає нагальна необхідність комплексного та всебічного аналізу індикаторів, які визначають рівень цифрового розвитку країни в умовах інклюзивного економічного зростання, формування цифрової довіри та, як наслідок, формування глобального цифрового розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами аналізу публікаційної активності науковців світу за матеріалами статей, що індексуються базою даних Скопус, можна зробити висновки про велику зацікавленість до тематики «рівень цифрового розвитку та кібербезпека». Так на підґрунті вибірки з 89 публікацій, сформованої пошуковою системою бази даних Скопус за останні п'ять років, проведено бібліометричний аналіз з використанням програмного забезпечення ScientoPy та мови Python. Аналіз дав змогу виявити 10 найбільш вживаних ключових слів за тематикою «рівень цифрового розвитку та кібербезпека», визначити їхній відсоток в загальній кількості публікацій (рис. 1), обчислити середню швидкість зростання (AGR) та середньорічну кількість публікацій (ADY) з відповідними ключовими словами та відобразити значення індексу Гірша (рис. 2), а також провести кількісне порівняння наукових праць зі знайденими ключовими словами до 2020 р. та за 2020-2021 рр.

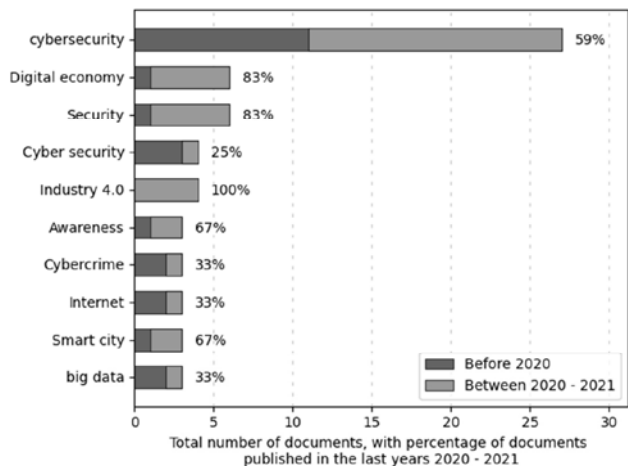


Рис. 1. Бібліографічний аналіз за ключовими словами публікаційної активності в розрізі дослідження «рівень цифрового розвитку та кібербезпека»

Джерело: розроблено авторами за результатами бази даних Скопус та програмного інструментарію ScientoPy.

Отже, за період 2020–2021 рр. значення ключового слова «четверта промислова революція» (індустрія 4.0) складає 100 %, тобто згадувалося науковцями у всіх 89 відібраних публікаціях за тематикою «рівень цифрового розвитку та кібербезпека» (рис. 1). Використання ключових слів «цифрова економіка» та «безпека» складає 83 %, ключових слів «усвідомлення» та «розумне місто» – 67 %, «кібербезпека – 59 %», «великі дані», «інтернет», «кіберзлочинність» – 33 %.

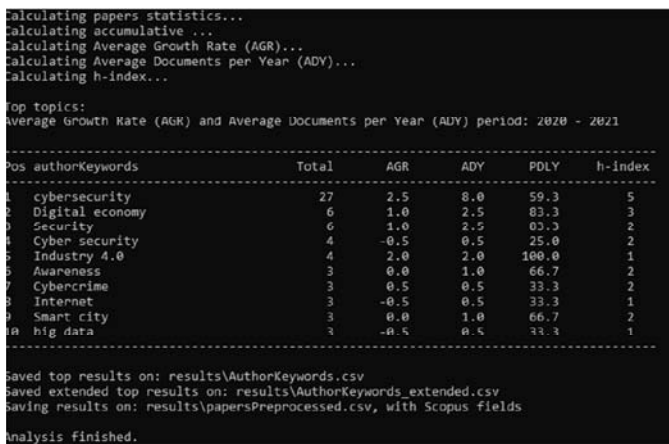


Рис. 2. Порівняльний аналіз статистичних метрик ключових слів за запитом «рівень цифрового розвитку та кібербезпека»

Джерело: розроблено авторами за результатами бази даних Скопус та програмного інструментарію ScientoPy та мови Python.

Статистичні дані за 2020-2021 рр. (рис. 2) відображають перелік 10-ти найбільш вживаних ключових слів, їхню загальну кількість у вибірці бібліометричного

дослідження за запитом «рівень цифрового розвитку та кібербезпека», значення індексу Грша, середню кількість зростання щодо використання ключового слова у знайдених публікаціях, середню кількість публікацій на рік. Так, наприклад найбільше значення індексу Грша дорівнює 5 для ключового слова «кібербезпека», середня кількість згадувань (AGR) якого у публікаціях складає 2,5, середньорічна кількість публікацій – 8 одиниць (ADY), що відповідає 59,3 % у порівнянні зі значимістю знайдених інших ключових слів.

Слід також звернути увагу на працю Гернауті-Хелі, С. [1], де на соціальному рівні автор здійснив дослідження основних проблем, перешкод та складових елементів, які сприяють зміцненню кібербезпеки на основі перегляду певних фундаментальних концепцій. Велику зацікавленість також викликає праця науковців [2], в якій автори розглядають взаємозв'язки між поточним, динамічним кліматом організаційного кіберризик, ефективністю кібербезпеки та змінами в інвестиціях у кібербезпеку з метою виявлення епістимічного клімату для управління інтелектуальним капіталом, що представлений динамікою кібербезпеки.

Мета статті полягає у розробленні багатофакторної регресійної моделі опису впливу ключових детермінант, що формують рівень ризику використання фінансових установ для легалізації кримінальних доходів та фінансування тероризму, аспекти ведення бізнесу та рівень національної кібербезпеки, на загальний рівень цифрового розвитку країн світу.

Виклад основного матеріалу. Методи кореляційно-регресійного аналізу є потужним математичним інструментарієм для обґрунтування (спростування) статистично значущого взаємозв'язку між факторними ознаками (чинниками) та залежною ознакою, дозволяють виявити напрямок та силу впливу факторних ознак, сформувані об'єктивне управлінське рішення щодо проблематики дослідження.

Отже, в якості вхідних індикаторів для розроблення регресійної моделі опису рівня цифровізації використано індикатори за 2021 рік, що охоплюють 104 країни: рівень цифрового розвитку [3], національний індекс кібербезпеки [4], легкість отримання електроенергії [5], легкість ведення бізнесу [5], Базельський індекс AML [6].

Кожен із наведених показників є вже агрегованим за відповідною методологією інституцій, що офіційно визначають та публікують статистичну звітність щодо значень даних показників. Значення показників рівня цифрового розвитку (DDL) та національного індексу кібербезпеки (NCSI) визначаються згідно з методологією Академії електронного урядування (e-Governance Academy, EGA [4]), яка заснована у 2002 році, є некомерційною консалтинговою організацією, що займається формуванням бази знань передового досвіду в галузі електронного урядування. Значення рівня цифрового розвитку (DDL) розраховуються як середнє арифметичне індексу розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій (ICT Development Index (IDI)), що визначається Міжнародною спілкою електрозв'язку, та індексу мережевої готовності (NRI) [7] (комплексний показник, що характеризує рівень розвитку інформаційних технологій та мережевої економіки в країнах світу):

$$DDL = \frac{IDI\% + NRI\%}{2} \quad (1)$$

Узагальнене значення показника NCSI формується на основі бальних характеристик 46 індикаторів, розподілених на 12 факторів за належністю до трьох категорій (табл. 1–3).

Таблиця 1

Загальні показники кібербезпеки (категорія 1)

	Розробка політики кібербезпеки	Аналіз кіберзагроз та інформація	Освіта та підвищення кваліфікації	Внесок у глобальну кібербезпеку
Показник	Підрозділ політики кібербезпеки	Підрозділ аналізу кіберзагроз	Компетенції з кібербезпеки в початковій або середній освіті	Конвенція про кіберзлочинність
Показник	Формат координації політики кібербезпеки	Публічні звіти про кіберзагрози, що публікуються щорічно	Програма кібербезпеки бакалавра	Представництво у форматах міжнародного співробітництва
Показник	Стратегія кібербезпеки	Вебсайт кібербезпеки та безпеки	Програма кібербезпеки магістерського рівня	Міжнародна організація з кібербезпеки, розміщена в країні
Показник	План реалізації стратегії кібербезпеки		Програма кібербезпеки доктора філософії	Розбудова потенціалу кібербезпеки для інших країн
Показник			Професійні асоціації з кібербезпеки	

Джерело: розроблено авторами на основі [4].

Отже, кортеж показників що визначають фактор розробки політики кібербезпеки, подано формулою (2):

$$\text{Розробка політики кібербезпеки} = < \text{Відділ політики кібербезпеки, Формат координації політики кібербезпеки, Стратегія кібербезпеки, План реалізації стратегії кібербезпеки} > \quad (2)$$

Таблиця 2

Зміст базових показників кібербезпеки (категорія 2)

	Захист цифрових послуг	Захист основних послуг	Послуги електронної ідентифікації та довіри	Захист персональних даних
Показник	Відповідальність за кібербезпеку для постачальників цифрових послуг	Визначено операторів основних послуг	Унікальний постійний ідентифікатор	Законодавство про захист персональних даних
Показник	Стандарт кібербезпеки для державного сектору	Вимоги кібербезпеки до операторів основних послуг	Вимоги до криптосистем	Орган захисту персональних даних
Показник	Компетентний наглядовий орган	Компетентний наглядовий орган	Електронна ідентифікація	
Показник		Регулярний контроль заходів безпеки	Електронний підпис	
Показник			Позначення часу	
Показник			Електронна зареєстрована служба доставки	
Показник			Компетентний наглядовий орган	

Джерело: розроблено авторами на основі [4].

Показники інцидентів та кризового управління (категорія 3)

	Реагування на кіберінциденти	Кіберкризове управління	Боротьба з кіберзлочинністю	Військові кібероперації
Показник	Підрозділ реагування на кіберінциденти	План кіберкризового управління	Кіберзлочини, що криміналізуються	Підрозділ кібероперацій
Показник	Відповідальність за звітність	Заходи з кіберкризового управління на національному рівні	Підрозділ кіберзлочинності	Тренування з кібероперацій
Показник	Єдина контактна точка для міжнародної координації	Участь у міжнародних навчаннях з кіберкризи	Підрозділ цифрової криміналістики	Участь у міжнародних кібернавчаннях
Показник		Оперативна підтримка волонтерів у кіберкризах	Цілодобовий контактний пункт з питань міжнародної кіберзлочинності	

Джерело: розроблено авторами на основі [4].

Наприклад, для України станом на 6 вересня 2021 р. за аналітичними звітами e-Governance Academy Foundation [8] значення показників такі: населення – 42.7 млн, площа (км²) – 603.7 тис., ВВП на душу населення (\$) – 8.7 тис., національний індекс кібербезпеки – 24 позиція зі 160 країн в межах дослідження Академією електронного урядування [4] у 2021 році, глобальний індекс кібербезпеки – 78 позиція, індекс розвитку ІКТ – 79 позиція, індексу мережевої готовності – 53 позиція.

Значення показника «легкість отримання електроенергії» TINY визначається на основі значень показників процедури (кількість), час (дні), вартість (% доходу на душу населення), надійність постачання та прозорість тарифного індексу (0–8) [5]. Пропонуємо для позначення даного показника абревіатуру TINY (geTtINg electricity).

Отже, велика кількість індикаторів, на значеннях яких формується інтегральний показник легкість ведення бізнесу (SEES), є показниками фінансової інклюзії, тобто пов'язані з визначенням доступу до фінансових послуг та фінансової грамотності.

Базельський індекс AML (Basel AML Index [6]) є узагальнювальним комплексним показником, що визначається Базельським інститутом управління для визначення та оцінювання ризиків використання фінансових установ країн для легалізації кримінальних доходів та фінансуванню тероризму. Він вимірюється за 10 бальною шкалою: 0 – найкраще значення показника (мінімальне значення ризику, ризику виникнення та розвитку корупції, легалізації кримінальних коштів відсутні), 10 – найгірше значення (максимальне значення ризику, країна відноситься до високо ризикованих в розрізі залучення її до відмивання грошових коштів). Рейтингове значення індексу визначається на основі питомої ваги значень п'яти доменів, які визначають 17 індикаторів, а саме [9]: якості системи протидії відмиванню грошей та фінансуванню тероризму (65 %), ризиків корупції та хабарництва (10 %), фінансова прозорість та стандарти (10 %), громадська прозорість та підзвітність (5 %), політичні та правові ризики (10 %).

Таким чином, наведений перелік інтегрованих індикаторів дозволяє провести комплексний аналіз впливу факторів цифровізації суспільно-економічних трансформацій на рівень цифрового розвитку держави.

Фрагмент первинних значень показників дослідження подано в таблиці 4.

Таблиця 4

Вхідні дані

Країна/Показник	DDL	NCSI	TINY	SEES	Basel AML Index
1. Афганістан	19,5	11,69	44,2	44,1	8,16
2. Албанія	48,74	48,05	71	67,7	5,72
3. Аргентина	60,41	48,05	70	59	6,50
4. Вірменія	55,06	35,06	87,7	74,5	4,63
5. Австралія	78,68	66,23	82,3	81,2	3,75
6. Австрія	77,29	68,83	87,7	78,7	4,42
7. Азербайджан	54,78	37,66	77,3	76,7	5,31
8. Бахрейн	66,04	25,97	79,7	76	4,50
9. Бангладеш	33,11	67,53	34,9	45	5,84
10. Бельгія	75,34	93,51	70,6	75	3,94
...
77. Польща	66,61	87,01	82,3	76,4	4,34
78. Португалія	68,25	89,61	83,3	76,5	3,85
79. Румунія	60,67	71,43	53,7	73,3	4,76
80. Російська Федерація	64,22	71,43	97,5	78,2	5,49
81. Саудівська Аравія	63,46	83,12	91,8	71,6	5,12
82. Сенегал	33,04	15,58	65,2	59,3	7,25
83. Сербія	59,85	77,92	73,2	75,7	5,47
84. Сінгапур	80,26	71,43	91,8	86,2	4,65
...
96. Україна	55,95	75,32	62,5	70,2	5,21
97. Об'єднані Арабські Емірати	68,01	40,26	100	80,9	5,91
98. Сполучене Королівство	81,55	77,92	96,9	83,5	4,05
99. Сполучені Штати	81,44	79,22	82,2	84	4,60
100. Уругвай	63,99	48,05	82,1	61,5	3,98
101. Узбекистан	49	31,17	86,9	69,9	5,71
102. В'єтнам	47,69	36,36	88,2	69,8	7,04
103. Замбія	29,66	55,84	62,1	66,9	6,03
104. Зімбабве	28,97	15,58	48,6	54,5	6,79

Джерело: розроблено авторами на основі [4 – 6] .

Оскільки значення вхідних індикаторів, по-перше, вже є комплексними та для їх згортки були використані різні методології, що враховують індекси, відносні та абсолютні значення показників, бали, а, по-друге, відображають як значення рівнів (DDL, NCSI) так і індексів (TINY, SEES, Basel AML Index), то для можливості подальших розрахунків, отримання значущих та адекватних результатів потрібно провести процедуру їх нормалізації. При цьому фінальні значення також залежать від якості нормалізації. Велика кількість науковців світу, зокрема [10-12], пропонують здійснювати нормалізацію з урахуванням вагових коефіцієнтів, показників-стимуляторів (збільшення яких позитивно впливає на досліджуваний індикатор) та показників-дестимуляторів, при цьому не обов'язково найменше значення показника-стимулятора чи показника-дестимулятора відповідає найкращому його значенню [13]. Це залежить безпосередньо від змісту самого показника, від його суті. В якості вагових коефіцієнтів функцій нормалізації можуть бути використані: 1) ваги, що визначають міри центральної тенденції показника (медіана, мода, середнє значення), міри мінливості (дисперсія, мінімальне, максимальне значення змінної, розмах, коефіцієнти асиметрії та ексцесу); 2) зважені показники; 3) ваги, які сформовані за результатами експертних суджень.

Отже для проведення нормалізації вихідних даних запропоновано використати модифіковану логістичну функцію (3), що враховує ваги показників-стимуляторів DDL, NCSI, TINY, SEES та вагу показника-дестимулятора Basel AML Index (міра центральної тенденції – медіана, міра мінливості – максимальне значення):

$$y_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-3\frac{x_{ij}-p_i}{q_i-p_i}}} \quad (3)$$

де y_{ij} – стандартизоване значення і-країни j-індикатора, q_i – значення показника x_{ij} , за якого функція перетворення набуває значення, не меншого ніж 0,95; p_i – значення показника x_{ij} , за якого функція перетворення набуває значення 0,5 [14].

Фрагмент нормалізованих значень показників дослідження подано в табл. 5, значення $q_i = \max_i x_{ij}$ та $p_i = \text{med}(x_{ij})$ – в табл. 6.

Таблиця 5

Стандартизовані значення показників дослідження

Країна/Показник	DDL	NCSI	TINY	SEES	Basel AML Index
1. Афганістан	0,018	0,052	0,005	0,005	0,938
2. Албанія	0,304	0,410	0,209	0,333	0,640
3. Аргентина	0,607	0,410	0,186	0,085	0,778
4. Вірменія	0,464	0,219	0,762	0,650	0,406
5. Австралія	0,917	0,713	0,589	0,872	0,240
6. Австрія	0,905	0,749	0,762	0,807	0,362
7. Азербайджан	0,456	0,251	0,404	0,740	0,553
8. Бахрейн	0,739	0,129	0,493	0,713	0,379
9. Бангладеш	0,075	0,731	0,001	0,006	0,663
10. Бельгія	0,886	0,944	0,200	0,672	0,272
...
77. Польща	0,751	0,914	0,589	0,729	0,346

продовження таблиці 5

78. Португалія	0,782	0,927	0,624	0,732	0,257
79. Румунія	0,613	0,781	0,020	0,596	0,434
80. Російська Федерація	0,699	0,781	0,933	0,792	0,592
81. Саудівська Аравія	0,682	0,890	0,855	0,515	0,512
82. Сенегал	0,074	0,067	0,100	0,089	0,871
83. Сербія	0,592	0,849	0,269	0,701	0,588
84. Сінгапур	0,929	0,781	0,855	0,947	0,410
...
96. Україна	0,824	0,488	0,069	0,447	0,532
97. Об'єднані Арабські Емірати	0,287	0,778	0,953	0,865	0,677
98. Сполучене Королівство	0,849	0,938	0,927	0,914	0,291
99. Сполучені Штати	0,860	0,937	0,585	0,921	0,400
100. Уругвай	0,410	0,694	0,581	0,130	0,279
101. Узбекистан	0,176	0,310	0,740	0,433	0,638
102. В'єтнам	0,235	0,281	0,775	0,428	0,849
103. Замбія	0,545	0,053	0,066	0,299	0,700
104. Зімбабве	0,067	0,049	0,009	0,037	0,819

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 6

Значення параметрів q_i та p_i для нормалізації вихідних значень індикаторів

Параметр	Індикатор				
	DDL	NCSI	TINY	SEES	Basel AML Index
q	84,17	96,1	100	86,8	8,49
p	56,4	53,25	79,9	71,3	5,065

Джерело: розроблено авторами.

Перш, ніж розробляти регресійну модель залежності рівня цифрового розвитку від показників NCSI, TINY, SEES та Basel AML Index, доцільним є визначення сили взаємозв'язку між ними. Запропонуємо визначення коефіцієнтів кореляцій за допомогою коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена, де для оцінки сили лінійного взаємозв'язку між змінними використовуються не числові значення цих змінних, а їхні ранги [15]:

$$\rho = 1 - \frac{6}{n(n-1)(n+1)} \sum_{i=1}^n (R_i - S_i)^2, \quad (4)$$

де n – обсяг спостережень, R_i – ранг спостереження x_i у ряду змінної x , S_i – ранг спостереження y_i в ряду змінної y , $\rho \in [-1; 1]$.

Практичні розрахунки проведені у прикладному програмному забезпеченні Statgraphics 19 за допомогою процедури Describe/Multiple Variable Analysis. Результати обчислень подано в таблиці 7.

Таблиця 7

Рангова кореляція Спірмена

Показник	NCSI	DDL	TINY	SEES	Basel AML Index
P-Value		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DDL	0,7481		0,6645	0,8313	-0,6433
P-Value	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000
TINY	0,5081	0,6645		0,7120	-0,3782
P-Value	0,0000	0,0000		0,0000	0,0001
SEES	0,6487	0,8313	0,7120		-0,4965
P-Value	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Basel AML Index	-0,5715	-0,6433	-0,3782	-0,4965	
P-Value	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	

Джерело: розроблено авторами засобами програмного забезпечення Statgraphics 19.

Отже, таблиця 7 відображає рангові кореляції Спірмена між кожною парою змінних. На відміну від більш поширених кореляцій Пірсона, коефіцієнти Спірмена обчислюються на основі рангів значень та менш чутливі до викидів, ніж коефіцієнти Пірсона. Кількість пар значень, які використовувалися для обчислення кожного коефіцієнта складає 104 одиниці, що відповідають країнам дослідження. Рядок

P-Value для кожного індикатора відображає рівень значущості : p-value нижче 0,05 вказує на статистично значущі ненульові кореляції на рівні довіри 95,0 %. Отже, кореляція між всіма парами показників є статистично значущою.

Basel AML Index має обернену залежність з усіма іншими показниками, що логічно обґрунтовуються змістом цього показника та шкалою вимірювання. Найменше значення кореляції спостерігається між Basel AML Index та показником TINY (-0,3782), що свідчить про низьку кореляцію, проте значення кореляції даного показника із показником DDL, який є залежними в рівнянні регресії) має помітний характер зв'язку (-0,6433). Сила кореляційного взаємозв'язку між показником рівня цифрового розвитку та всіма іншими впливовими показниками також є високою, в діапазоні від 0,6 до 0,8. Далі перейдемо до розроблення регресійної моделі. Для цього використаємо інструментарій сучасного статистичного пакету Statgraphics 19, а саме опції діалогового вікна Multiple Regression, зазначивши процедуру Backward Stepwise Selection, яка перевіряє наявність мультиколінарних зв'язків між впливовим змінними, у випадку виявлення таких – пропонує відкинути незначущі, і далі перераховує модель на відповідність значущості за статистичними тестами Стьюдента та Фішера. В результаті обчислень отримано економетричну модель:

$$DDL = 0,249 + 0,3 \cdot NCSI + 0,551 \cdot SEES - 0,32 \cdot Basel\ AML\ Index \quad (5)$$

Оскільки значення P-value у таблиці ANOVA менше 0,05, то існує статистично значуща залежність між змінними на рівні 95,0 % довіри. Крім того, статистичну значущість моделі (5) підтверджують критерій Стьюдента (табл. 8), коефіцієнт детермінації R^2 та критерій Дарбіна-Уотсона.

Таблиця 8

Дисперсійний аналіз (ANOVA)

Джерело	Сума квадратів	Число ступенів свободи	Квадрат середнього	F-статистика	Рівень значущості (P-Value)
Модель	8,77658	3	2,92553	134,04	0,0000
Залишки	2,18264	100	0,0218264		
Разом	10,9592	103			

Джерело: розроблено авторами засобами програмного забезпечення Statgraphics 19.

Таблиця 9

Статистичні характеристики параметрів моделі (5)

Параметр	Оцінка	Стандартна похибка	T-статистика	Рівень значущості (P-Value)
Константа	0,249446	0,0670185	3,72205	0,0003
NCSI	0,300022	0,0670501	4,47459	0,0000
SEES	0,551139	0,0610039	9,03449	0,0000
Basel AML Index	-0,319672	0,0810828	-3,94254	0,0001

Джерело: розроблено авторами засобами програмного забезпечення Statgraphics 19.

Статистика R^2 (коефіцієнт детермінації), вказує на те, що модель пояснює 80,084 % мінливості залежного індикатора рівня цифрового розвитку. Стандартизоване значення коефіцієнта детермінації становить 79,4865 % та свідчить про адекватність та статичну значущість економетричної множинної лінійної регресійної моделі (5). Отже, коефіцієнт детермінації пояснює долю дисперсії залежної змінної в регресійній моделі та розраховуються як відношення суми квадратів відносно регресії до повної суми квадратів. Він дозволяє оцінити, на скільки добре теоретична модель узгоджується з реальними даними навіть, якщо залежна змінна не має нормального розподілу. Розроблена модель (5) дуже добре узгоджується з вихідними даними. Середня абсолютна похибка залишків дорівнює 0,107. Критерій Дарбіна-Уотсона (DW) перевіряє залишки, щоб визначити, чи суттєва кореляція між незалежними змінними в тому порядку, в якому вони введені в моделі. Розраховане значення критерію Дарбіна-Уотсона (2,372) лежить у проміжку від 0,584 до 2,464, що свідчить про відповідність зоні невизначеності. Подальше дослідження автокореляції залишків за допомогою критерію Джона фон Неймана свідчить про її відсутність, $DW \approx 2$ – автокореляція відсутня [16].

При збільшенні значення індикатора NCSI на 1 %, при тому, що значення показників SEES та Basel AML Index (індекс протидії відмиванню коштів) залишатимуться на середньому рівні, загальне значення рівня цифрового розвитку збільшиться на величину 0,003 (0,3%). А при збільшенні індикатора SEES на один 1 % за умови, що значення індикаторів NCSI та Basel AML Index залишатимуться на середньому рівні, рівень цифрового розвитку збільшиться на величину 0,00551 (0,55 %). Залежність між рівнем цифрового розвитку та Basel AML Index є обернено пропорційною, що і є логічно обґрунтованим, адже чим нижче значення Basel AML Index, тим менше країна має ризик до залучення її соціально-економічних об'єктів (особливо банків, необанків, фінансових установ, підприємств, бізнесів) в шахрайські схеми з використанням цифрових технологій, інноваційних фінансових технологій для легалізації кримінальних доходів.

Висновки. Проведене дослідження визначення впливу інтегральних показників цифровізації суспільно-економічних трансформацій на рівень цифрового розвитку країни здійснено в межах реалізації трьох етапів. На першому етапі сформовано статистично значущий ознаковий простір інтегральних показників (національний індекс кібербезпеки, легкість отримання електроенергії, легкість ведення бізнесу, Базельський індекс AML), що здійснюють вплив на рівень цифрового розвитку країни. Значення інтегрального показника рівня цифрового розвитку та показника національного індексу кібербезпеки сформовано за методологією Академії електронного урядування, значення показників легкість отримання електроенергії та легкість ведення бізнесу – за методологією Всесвітнього банку «Doing Business», Базельський індекс AML – за методологією Базельським інститутом управління. Статистична значущість ознакового простору підтверджена значеннями коефіцієнту варіації (для всіх індикаторів його значення більше 5 %). В межах другого етапу проведено аналіз рангових кореляцій Спірмена, результати якого свідчать про високу щільність зв'язку між рівнем цифрового розвитку та інтегральними показниками цифровізації, при цьому залежність між індикаторами «національний індекс кібербезпеки», «легкість отримання електроенергії», «легкість ведення бізнесу» та «рівень цифрового розвитку» є прямопропорційною, а між «рівень цифрового розвитку» та «Базельський індекс AML» – оберненопропорційною, що є логічно обґрунтованим, виходячи зі змісту Базельського індексу AML (чим менше його значення, тим менше країна залучена до легалізації кримінальних доходів). В межах третього етапу розроблено статистично значущу економетричну регресійну модель, що описує вплив національного індексу кібербезпеки, легкості ведення бізнесу та Базельського індексу AML на рівень цифрового розвитку. Найбільш впливовим на підвищення загального рівня кібербезпеки кожної країни є збільшення значення показника легкості ведення бізнесу (коефіцієнт складає 0,55), другим за силою впливу є зменшення значення Базельського індексу AML (абсолютне значення коефіцієнту складає 0,32), третім – збільшення значення значення національного індексу кібербезпеки (коефіцієнт складає 0,30). Показник «легкість отримання електроенергії» в результаті перевірку моделі на мультиколінеарність був відсіяний.

Перспективи подальших досліджень. З метою всебічного аналізу впливу показників цифровізації в умовах інклюзивного економічного зростання кожної країни подальші дослідження будуть спрямовані на квантильний аналіз за допомогою розроблення квантильних регресій опису впливу показників національного рівня кібербезпеки та легкості ведення бізнесу на рівень цифрового розвитку для країн, які мають високе значення показника цифрового розвитку (відповідає квантилю порядку 0,9) та для країн, які мають низький рівень цифрового розвитку (відповідає квантилю порядку 0,1). Адже квантильна регресія є зручним та гнучким інструментом ризик-менеджменту, стрес-тестування, фінансової економіки.

References

1. Ghernaouti-Helie, S. (2012). Going Digital Rethinking cybersecurity and confidence in a connected world: a challenge for society. Third International Conference on Emerging Security Technologies (Est). 8-11. <http://doi.org/10.1109/EST.2012.16>
2. Garcia-Perez, A., Sallos, MP., Tiwasing, P. (2021). Dimensions of cybersecurity performance and crisis response in critical infrastructure organisations: an

- intellectual capital perspective. *Journal of intellectual capital*. Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <http://doi.org/10.1108/JIC-06-2021-0166>
3. Digital Development Dashboard. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Dashboards/Pages/Digital-Development.aspx>
 4. National Cyber Security Index: URL : <https://ncsi.ega.ee/ncsi-index/>
 5. Doing Business: The World Bank. URL: <https://www.doingbusiness.org/en/data>
 6. Basel AML Index 2021: 10th Public Edition Ranking money laundering and terrorist financing risks around the world. URL: https://baselgovernance.org/sites/default/files/2021-09/Basel_AML_Index_2021_10th%20Edition.pdf
 7. Network Readiness Index 2021. Benchmarking the Future of the Network Economy. URL: <https://networkreadinessindex.org/>
 8. Ukraine: NCSI. URL : <https://ncsi.ega.ee/country/ua/?pdfReport=1>
 9. Methodology What's behind the Basel AML Index? URL: <https://index.baselgovernance.org/methodology>
 10. Sun, J.C., Cao, X.Y., Liang, H.W., Huang, W.R., Chen, Z.W., Li. Z.G. (2020). New Interpretations of Normalization Methods in Deep Learning. Thirty-fourth AAAI conference on artificial intelligence, the thirty-second innovative applications of artificial intelligence conference and the tenth AAAI symposium on educational advances in artificial intelligence. P. 5875-5882.
 11. Celen, A. (2014). Comparative Analysis of Normalization Procedures in TOPSIS Method: With an Application to Turkish Deposit Banking Market. *Informatica*, 25(2). 185-208.
 12. Chen, C.Y., Chen, R.L., Sheu, M.H. (2003). A fast additive normalization method for exponential computation. *Euromicro symposium on digital system design, proceedings*. 286-293.
 13. Chowdhury, M. (2020). Using the method of normalisation for mapping group marks to individual marks: some observations. *Assessment and Evaluation in Higher Education*. 45(5). 643-650. <http://doi.org/10.1080/02602938.2019.1686606>
 14. Us, H., Malyarets, L., Chudaieva, I., & Martynova, O. (2018). Multi-Criteria Optimization of the Balanced Scorecard for the Enterprise's Activity Evaluation: Management Tool for Business-Innovations. *Marketing and Management of Innovations*, 3. 48-58. <http://doi.org/10.21272/mmi.2018.3-04>
 15. Xiao, W. (2019). "Novel Online Algorithms for Nonparametric Correlations with Application to Analyze Sensor Data". *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*: 404–412. doi:10.1109/BigData47090.2019.9006483
 16. Bartels R. (2007). The rank von Neumann test as a test for autocorrelation in regression models. *Communications in Statistics – Theory and Methods*. 13(20). P.2495-2502. <http://doi.org/10.1080/03610928408828839>

Статтю отримано 14 грудня 2021 р.

Article received December 14, 2021.