

# КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ MUNICIPAL ECONOMY OF CITIES

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК  
СЕРІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА АРХІТЕКТУРА

ТОМ 6 ВИПУСК 180'2023

Ідентифікатор медіа у Реєстрі суб'єктів медіа R30-01140 від 10.08.2023 р.

Наукове фахове видання категорії «Б» за спеціальностями 121, 122, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133, 191, 192, 193, 194, 261, 263, 273, 274, 275 (наказ МОН України № 1301 від 15.10.19), 141, 183 (наказ МОН України № 1643 від 28.12.19)

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

БАБАЄВ В.М.	відповідальний редактор, держ. упр., ректор ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
СУХОНОС М.К.	відповідальний секретар, д.т.н., проректор з наукової роботи, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДЯДІН Д.В. КОГАЛОВСЬКИЙ В.	к.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова к.т.н., Інженерний коледж «Самі Шанун», Ізраїль
ПЛЮГІН В.Є. ЧУМАЧЕНКО І.В. ШЕВЧЕНКО Р.І.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова д.т.н., НУЦЗ України
<b>ШМУКЛЕР В.С.</b>	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ШПАЧУК В.П.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова

## КООРДИНАЦІЙНА РАДА

<b>ШУТЕНКО Л.М.</b>	голова координаційної ради, д.т.н., почесний ректор ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ГОВОРОВ П.П.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДАЛЕКА В.Х.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДРЕВАЛЬ І.В.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДУШКІН С.С.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
КОНДРАШЕНКО О.В.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
МАЛЯРЕНКО В.А.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
МИХАЙЛИШИН О.Л.	д.арх., НУВГП
ОСИЧЕНКО Г.О.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ТОВБИЧ В.В.	д.арх., КНУБА
ФЕЙРУША С.Х.	к.т.н., Університет Салахаддіна – Ербіль, Ірак
ХАРЧЕНКО В.Ф.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ЧЕЧЕЛЬНИЦЬКИЙ С.Г.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ЧУДНОВСЬКИЙ А.	к.т.н., Гамбурзький університет, Германія
ЮРКЕВИЧ І.	к.т.н., Астонський університет, Великобританія
ЯНКЕЛЕВИЧ М.	к.т.н., Парсонс, США

## EDITORIAL BOARD

BABAYEV V.	Editor-in-Chief, Dr.Sc., Rector of the O.M. Beketov NUUE
SUKHONOS M.	Executive Managing Editor, Dr. Sc., Vice-rector of the O.M. Beketov NUUE
DIADIN D. KAGALOVSKY V.	PhD, O.M. Beketov NUUE PhD, Engineering College "Sami Shannun", Israel
PLUGIN V. CHUMACHENKO I. SHEVCHENKO R.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE Dr.Sc., NUCDU
<b>SHMUKLER V.</b>	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
SHPACHUK V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE

## COORDINATION COUNCIL

<b>SHUTENKO L.</b>	Chairman of the Coordination Council, Dr.Sc., Honorary Rector of the O.M. Beketov NUUE
GOVOROV P.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DALEKA V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DREVALI I.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DUSHKIN S.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
KONDRASHENKO O.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
MALYARENKO V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
MYHAYLISHYN O.	Dr.Sc., NUWEE
OSYCHENKO G.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
TOVBICH V.	Dr.Sc., KNUCA
FEIRUSHA S.	PhD, Salahaddin University – Erbil, Iraq
HARCHENKO V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
CHECHELNITSKY S. CHUDNOVSKIY A.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE Ph.D., University of Hamburg, Germany
YURKEVICH I.	Ph.D., Aston University, United Kingdom
YANKELEVICH M.	PhD, PARSONS, USA

Адреса редакції / Editorial office address:

61002, м. Харків, вул. Маршала Бажанова, 17 / 17, Marshala Bazhanova Street, Kharkiv, 61002

Тел./tel.: +38 (057) 707-33-21, e-mail: khg@kname.edu.ua

ISSN (print) 2522 – 1809

ISSN (online) 2522 – 1817

Затверджений до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова (протокол № 5 від 1 грудня 2023 року)

---

## ЗМІСТ

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Григоренко Н.А., Ларіонов Н.М., Бредіхін В.М.</i> Дослідження процесу трансляції візуального мистецтва в музику та створення колекцій для людей з вадами зору .....	2
<i>Кандиба В.В., Кушнір О.І., Бредіхін В.М., Хорошлова І.О.</i> Дослідження інструментів та алгоритмів машинного навчання для розпізнавання та оцифровки товарних чеків .....	7
<i>Федорчук А.Л., Усата О.Ю., Наконечна О.А.</i> Web-дизайн та web-програмування у сучасному Інтернет-світі .....	12
<i>Чаговець Л.О., Чаговець В.В.</i> Цифровізація як чинник соціально-економічного розвитку та економічної безпеки держави .....	21
<i>Литвинов А.Л.</i> Імовірнісний аналіз багатоканальних шинних арбітрів інтерфейсів обчислювальних мереж .....	27

### ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>Єсаулов С.М., Хворост М.В., Бабічева О.Ф., Найдьонов М.О.</i> Застосування нечіткої логіки в системі керування електромеханічним обладнанням .....	33
---	----

### АРХІТЕКТУРА ТА БУДІВНИЦТВО

<i>Вотінов М.А., Смірнова О.В.</i> Архітектурне проектування та види візуалізації інноваційних архітектурних об'єктів .....	43
<i>Діденко К.В., Гелла О.І.</i> Житлові комплекси за Держпромом у структурі столичного адміністративного центру Харкова 1920–1930-х рр. ....	51
<i>Локтіонова О.С.</i> До питання визначення поняття «архітектурний ландшафт міста» .....	61
<i>Терлецька Х.М.</i> Класифікація пам'яток архітектури територіальних громад Прикарпаття .....	67
<i>Шаталюк Ю.В., Шаталюк Д.А.</i> Тенденції розвитку інструментів віртуальної реальності у світовій практиці проектування .....	73
<i>Вяткін К.І., Колодезний А.В.</i> Формування факторів впливу на розвиток агломерацій у системі територіального планування: світовий досвід .....	79
<i>Фірсов П.М., Золотов С.М., Надточій С.О.</i> Аналіз тріщинотворення та деформативності згинальних бетонних конструкцій армованих композитною арматурою .....	84
<i>Кондратюк І.В.</i> Методи і моделі оцінки рівня використання нерухомості на регіональному рівні .....	92
<i>Мамонов К.А., В'яткін Р.С., Фролов В.О.</i> Моніторинг використання земель регіонів: геоінформаційні аспекти .....	98
<i>Мамонов К.А., Канівець О.М., Доброходова О.В., Штерндок Е.С.</i> Моніторинг використання земель на регіональному рівні: теоретичні положення та особливості реалізації .....	103
<i>Метешкін К.О., Пілічева М.О., Маслій Л.О.</i> Комплексна проблема розширення можливостей кадастрових систем і шляхи її вирішення .....	110
<i>Нелін Є.О., Касьянов В.В., Штерндок Е.С.</i> Дослідження напрямів моніторингу використання об'єктів нерухомості населених пунктів .....	118

## ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ЧИННИК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ

Розглянуто проблему оцінки взаємозалежності цифровізації та соціально-економічного розвитку країни для здійснення подальшої комплексної оцінки цифрового розвитку держави і розробки відповідних заходів для забезпечення її цифрового зростання та економічної безпеки. На базі методів канонічного аналізу побудовано модель оцінки взаємного впливу груп індикаторів цифровізації та показників соціально-економічного розвитку держави, обґрунтовано її адекватність.

**Ключові слова:** моделювання, методи, канонічний аналіз, цифровізація, соціально-економічний розвиток, економічна безпека держави.

### Постановка проблеми

Сучасна українська економіка знаходиться на межі виживання. Вона не може «нормально функціонувати, коли в країні відбуваються активні бойові дії. Левова частка бюджетних витрат спрямована на безпеку та оборону, багато соціальних програм згорнуто, масштаби руйнувань і пошкоджень обчислюються сотнями мільярдів доларів, а невизначеність і колосальні воєнні ризики стримують надходження інвестицій» [1]. Тому проблема визначення чинників соціально-економічного розвитку держави та її економічної

безпеки зараз постає на перший план. Серед чинників важливу роль відіграє цифровізація країни.

У тяжких умовах війни Україна все ж змогла увійти до 20 найбільш впливових країн світу за рейтингом Global Soft Power Index 2023 і зайняти у 2023 році 37 місце серед 121 (рис. 1). Минулого року наша держава посідала 51 місце, а в 2021 році – 61 позицію [2]. Застосування інструментів дипломатії, врахування особливостей ведення бізнесу під час війни, поширення цифровізації сумісно з впровадженням нових інформаційних технологій, поширенням Data Science дозволило країні покращити свої позиції у глобальній впливовості.

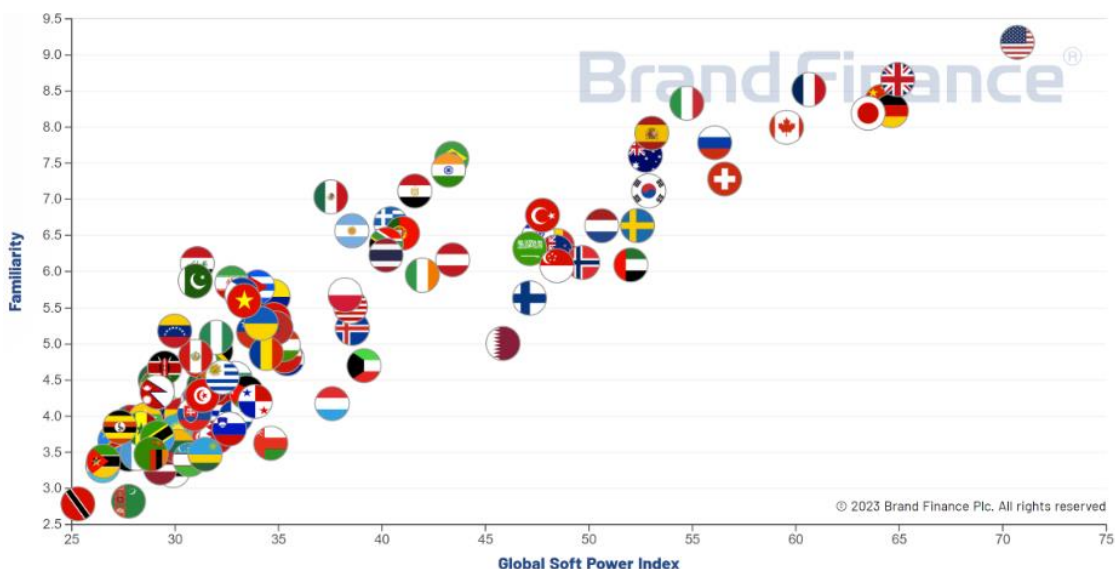


Рис. 1. Рейтинг України за індексом Global Soft Power у 2023 році [2]

Оцінка взаємозалежності цифровізації та соціально-економічного розвитку країни потребує

додаткового дослідження для здійснення комплексної оцінки цифрового розвитку держави і

розробки відповідних заходів для забезпечення як цифрового зростання, так і економічної безпеки держави. Побудова моделі оцінки взаємного впливу груп індикаторів цифровізації та показників соціально-економічного розвитку на базі методів канонічного аналізу потребує подальшої розробки.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання розвитку напрямів цифровізації як в Україні, так і в інших державах світу неодноразово піднімалися у дослідженнях науковців [3–11]. Аналіз даних останніх публікацій, проведений у попередніх статтях авторів [8, 11], виявив різні підходи до дослідження питань розвитку цифровізації країни та побудови її ІКТ-рейтингу (The Information and Communication Technology Development Ranking). Так було встановлено, що деякі раніше запропоновані моделі оцінки рівня цифровізації країни базуються на традиційних індикаторах економічного добробуту на основі внутрішнього валового продукту і не враховують інші важливі соціальні чинники, що спонукало до створення низки спеціальних узагальнюючих індикаторів цифрового розвитку, серед яких найбільш повним став вважатися інтегральний індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index), що об'єднує в собі одинадцять підіндексів. Крім того, встановлено, що для виконання оцінки стану цифровізації країн застосовується різний інструментарій, серед якого перевага надається методам інтелектуального аналізу багатовимірних об'єктів.

Враховуючи актуальність підйому економіки України, що зазнала спаду через війну, вважається доцільним проведення комплексного аналізу стану цифровізації держави на основі сучасних методів. Одним з його етапів пропонується здійснення моделювання взаємозалежності індексів цифровізації та соціально-економічного розвитку країни.

### Формулювання мети статті

Метою даної статті є удосконалити комплекс математичних моделей оцінки й аналізу стану цифровізації країни, який, на відміну від існуючих, буде доповнений моделлю взаємозалежності індикаторів цифровізації та соціально-економічного розвитку держави. Використання цієї моделі дасть можливість визначити напрями та заходи розвитку і цифровізації, і соціально-економічного стану держави, а також забезпечення її економічної безпеки. У процесі дослідження поставлено для вирішення такі завдання: вибрати та сформулювати базу показників, необхідних для моделювання; розробити модель; методами канонічного аналізу дослідити взаємний вплив індикаторів на показники соціально-економічного розвитку країни; графічно дослідити розсіювання спостережень канонічних змінних і

з'ясувати найбільш важливі напрями удосконалення цифровізації.

### Виклад основного матеріалу

Вітчизняна економіка в умовах повномасштабної війни перебуває в дуже складному становищі. «Практично повне зупинення бізнес-активності у березні-травні минулого року, паливна криза, швидке зниження експорту, порушення логістики, обстріли енергетичної інфраструктури восени та взимку не залишали особливих надій на те, що економіка швидко вийде з крутого піке» [1]. Постало питання: «Чим може завершитися 2023 рік для вітчизняної економіки і з якими очікуваннями країна наближається до 2024-го року?». Різні експерти та інститути дали неоднакові оцінки. Зараз прогнози стали більш оптимістичними: «Перший віцепрем'єр-міністр – міністр економіки Юлія Свириденко під час виступу на форумі YES 2023 заявила, що темпи зростання ВВП України за підсумками 2023 року можуть прискоритися до 4%» [1]. Проте існують ризики відновлення економіки: воєнні ризики, наближення холодів, складна ситуація з експортом української продукції, падіння доходів населення через війну, ризики скорочення міжнародного фінансування. Тому для зростання економіки потрібно задіяти усі чинники, що покращують економічний розвиток держави, серед яких важливу роль відіграє розвиток цифровізації України.

Проблеми розвитку цифровізації країни неодноразово розглядалися науковцями. У публікаціях пропонувалося оцінювати цифровізацію з використанням низки індикаторів. Це свідчить про різний підхід до її оцінювання. Враховуючи це, авторами даної статті у роботі [8] розроблено концептуальну схему оцінки та аналізу цифрового розвитку країни.

Відповідно до другого модуля концептуальної схеми на другому етапі пропонується здійснювати оцінку взаємозалежності індикаторів цифровізації та соціально-економічного розвитку держави, що дозволяє виявити індикатори цифровізації, які найбільше впливають на соціально-економічні показники, а також показники розвитку економіки, які у свою чергу впливають на розвиток цифровізації.

Такий аналіз доцільно здійснювати на базі моделі оцінки взаємного впливу груп індикаторів методами канонічного аналізу. Такий вид аналізу дозволяє детально дослідити, яким чином вплив індикаторів цифрового розвитку може бути взаємообумовлений показниками соціально-економічного стану країни.

У якості вхідної множини необхідно вибрати дві групи (множини) показників, а саме: індикатори цифрового та телекомунікаційного розвитку держави – ліва множина:

$Y_{11}(FH)$  – індекс мережної свободи;

$Y_{13}(NRI)$  – індекс мережної готовності;

$Y_{12}(EGI)$  – індекс розвитку електронного уряду;

$Y_{14}(ICT)$  – індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій.

У якості другої групи (правої множини) – показники соціально-економічного розвитку, залучені в попередній моделі:

$Y_{21}(SPI)$  – індекс соціально-економічного прогресу;  
 $Y_{22}(GCI)$  – індекс глобальної конкуренто-спроможності;  
 $Y_{23}(GII)$  – міжнародний індекс інновацій.

Відповідно до алгоритму, наведеному в роботі [11], пояснимо основні особливості побудови моделі. Спочатку формується матриця  $X = \begin{pmatrix} X^{(1)} \\ X^{(2)} \end{pmatrix}$ , де  $X^{(1)}$  –  $p_1$ -мірний вектор, який описує групу показників цифрового розвитку країни;  $X^{(2)}$  –  $p_2$ -мірний вектор групи соціально-економічного розвитку. Тоді лінійну комбінацію групи індикаторів соціально-економічного розвитку  $V = \beta^T X^{(2)}$  можна буде використати для прогнозування лінійної комбінації групи індикаторів оцінки цифрового розвитку  $U = \alpha^T X^{(1)}$ . Величина  $V$  у найкращий спосіб спрогнозує величину  $U$ , якщо коефіцієнт кореляції між  $U$  та  $V$  буде максимальним.

Лінійну комбінацію компонент  $X^{(1)}$ , яку можна спрогнозувати, характеризує математичний вираз  $\alpha^{(1)T} X^{(1)}$ . Прогнозування здійснює комбінація  $\beta^{(1)T} X^{(2)}$ . Тоді в моделі можна записати, що парою канонічних величин є пара лінійних комбінацій  $U_r = \alpha^{(r)T} X^{(1)}$  та  $V_r = \beta^{(r)T} X^{(2)}$ . Кожна з них має одиничну дисперсію та не є корельованою з  $(r - 1)$  парою канонічних величин. Коефіцієнти в лінійних комбінаціях  $\alpha^{(r)T} X^{(1)}$  та  $\beta^{(r)T} X^{(2)}$  визначають  $r$ -у пару канонічних коренів.

Вектор  $x$  розбивається на два підвектори розмірності  $p_1$  і  $p_2$ . Тобто запишемо:

$$x = \begin{pmatrix} X^{(1)} \\ X^{(2)} \end{pmatrix}, p_1 \leq p_2. \quad (1)$$

Коваріаційна матриця також ділиться на підматриці:

$$\Sigma \begin{pmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де  $\Sigma_{11}$  – коваріаційна матриця, що характеризує взаємозв'язок результативних показників груп соціально-економічного та цифрового розвитку, а її елементами є коефіцієнти коваріації:

$$\sigma_{ij}^{(1)} = M(x_i^{(1)} - Mx_i^{(1)})(x_j^{(1)} - Mx_j^{(1)}), \quad (3)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, p_1;$$

$\Sigma_{22}$  – коваріаційна матриця, яка характеризує взаємозв'язок визначальних показників (аргументів);

$\Sigma_{12}$  – коваріаційна матриця розміром  $(p_1 \times p_2)$ , що характеризує взаємозв'язок показників першої та другої груп ( $\Sigma_{21} = \Sigma_{12}^T$ ).

У результаті обчислень отримується  $r$  лінійних комбінацій для  $U$  та  $V$ . Коефіцієнти кореляції  $r$  є коренями  $\lambda^{(1)} = \lambda_1, \lambda^{(2)} = \lambda_2, \dots, \lambda^{(r)} = \lambda_r$  такого рівняння:  $\begin{vmatrix} -\lambda \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & -\lambda \Sigma_{22} \end{vmatrix} = 0$ .

Випадкові величини  $U$  та  $V$  мають середні значення, які дорівнюють нулю  $MU = 0, MV = 0$ , та характеризуються дисперсіями  $\sigma_U^2, \sigma_V^2$  і коефіцієнтом кореляції  $\rho$ . Відношення дисперсії помилки прогнозування до дисперсії величини  $U$  можна записати як:

$$\frac{\sigma_U^2(1-\rho^2)}{\sigma_U^2} = 1 - \rho^2. \quad (4)$$

Ця величина є мірою відносного впливу  $V$  на  $U$ , або мірою відносної ефективності величини  $V$  у прогнозуванні  $U$ . Отже, чим більше  $\rho^2$  або  $|\rho|$ , тим точніше можна за величиною  $V$  оцінити величину  $U$  [11]. Значущість канонічних змінних досліджується розрахунком критерію  $\chi^2$ . Якщо значення критерію, розраховане за даними спостережень, не перевищує критичне табличне значення  $\chi_{\text{табл}}^2$  із  $\alpha = 0,05$  та ступенями свободи  $\nu$ , залежність між групами можна вважати описаною канонічними змінними.

Розробка моделі показала, що ліва множина індикаторів тісно взаємообумовлена індикаторами правої множини. Обчислене значення коефіцієнту кореляції першого канонічного кореню становить 0,9776 і є статистично значущим за критерієм  $\chi^2$  зі ступенями свободи 12 на рівні 99%. Це свідчить про високий ступінь кореляції між правою та лівою множинами індикаторів (рис. 1):

		Canonical Analysis Summary	
		Canonical R: .97756	
		Chi?(12)=183,06 p=0,000	
N=56		Left Set	Right Set
No. of variables		4	3
Variance extracted		96,5871%	100,000%
Total redundancy		72,6713%	85,3069%
Variables:	1	FH 2020	SPI_20
	2	EGI_2020	GCI 2020
	3	NRI_20	GII 2020
	4	ICT 2020	

Рис. 1. Пояснена дисперсія лівої та правої множин

Усі три виокремлені канонічні корені пояснюють 100% середньої дисперсії, вилученої з правої множини змінних (що відповідає соціально-економічному розвитку), та 96,59% – із лівої множини (що відповідає стану цифрового розвитку). Усього було вилучено три канонічних корені за найменшою кількістю змінних у множинах. Усі вилучені канонічні корені дають можливість встановити, що значення змінних лівої множини можна пояснити в середньому

72,67% дисперсією змінних правої множини. Аналогічно, 85,3% мінливості змінних правої групи можна пояснити впливом показників лівої множини. Ці результати свідчать про достатньо сильний взаємний вплив індексів цифрового розвитку країни та її соціально-економічних показників. Графік значень канонічних коренів дозволяє дійти висновку про доцільність виокремлення першого кореня, оскільки саме він має найбільші значення канонічної кореляції змінних (рис. 2).

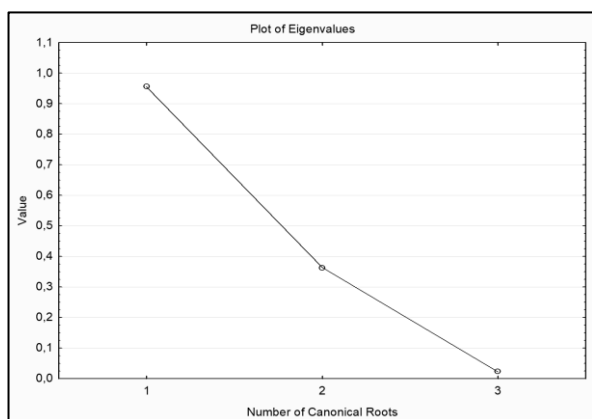


Рис. 2. Розподіл власних значень за канонічними коренями

Перевірка статистичної значущості канонічних коренів також підтвердила значущість першого кореня понад 99% ( $p = 0,000000$ ), тоді як два інші корені не мають суттєвої кореляції із множинами змінних (рис. 3).

Root Removed	Chi-Square Tests with Successive Roots Removed					
	Canonical R	Canonical R-sqr.	Chi-sqr.	df	p	Lambda Prime
0	0,977558	0,955619	183,0577	12	0,000000	0,027616
1	0,602665	0,363205	24,1958	6	0,000482	0,622241
2	0,151179	0,022855	1,1791	2	0,554572	0,977145

Рис. 3. Статистичні критерії значущості канонічних коренів

Додатковий аналіз коефіцієнтів парної кореляції між змінними обох множин (рис. 4) показав, що існує прямий тісний зв'язок між усіма показниками, але найбільший взаємний вплив існує між рівнем мережної готовності та індексом інноваційного розвитку (0,935), між рівнем розвитку електронного уряду та соціальним розвитком (0,882) і рівнем конкурентоспроможності (0,870).

Root Removed	Correlations, left set with right set (да)		
	SPI 20	GCI 2020	GII 2020
FH 2020	0,587615	0,428012	0,434426
EGI 2020	0,881591	0,830203	0,816376
NRI 20	0,887790	0,867918	0,935124
ICT 2020	0,790522	0,800446	0,880763

Рис. 4. Кореляції між лівою та правою множиною змінних

Для аналізу факторної структури та ступеня кореляції між змінними в кожній множині та відповідним канонічним коренем було обчислено навантаження канонічних факторів (структурні коефіцієнти) лівої та правої множин. Усі змінні множин мають високу кореляцію саме з першим фактором – індексом соціально-економічного прогресу (рис. 5).

Root Variable	Factor Structure, left set		
	Root 1	Root 2	Root 3
FH 2020	0,544153	-0,393730	-0,733731
EGI 2020	0,922029	-0,204867	0,322481
NRI 20	0,982755	0,122114	0,082794
ICT 2020	0,900809	0,239320	0,146943

Root Variable	Factor Structure, right set		
	Root 1	Root 2	Root 3
SPI 20	0,947645	-0,281675	-0,150425
GCI 2020	0,897516	0,002102	0,440976
GII 2020	0,949880	0,311411	-0,027407

Рис. 5. Значення коефіцієнтів факторної структури множин

Найбільший взаємний зв'язок встановлено між індексом мережної готовності та індексом соціально-економічного прогресу (коефіцієнт 0,98), далі тісний зв'язок є з індексом розвитку електронного уряду (0,92) та індексом розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (0,90).

Обчислені значення міри надмірності як середнього значення дисперсії, яка пояснюється першим канонічним коренем, дозволили встановити величину надмірності та вилученої дисперсії. Враховуючи статистичну значущість першого канонічного кореня (оскільки він пояснює 73% дисперсії лівої множини та 86% – правої множини), можна дійти висновку, що на нього мають суттєве навантаження та високу кореляцію усі змінні обох множин (коефіцієнти варіюються від 0,54 до 0,98 та показують помірний та сильний ступінь зв'язку) (рис. 6).

Root Factor	Variance Extracted (Prop)	
	Variance extractd	Reddncy.
Root 1	0,730876	0,698439
Root 2	0,067295	0,024442
Root 3	0,167700	0,003833

Root Variable	Variance Extracted (Prop)	
	Variance extractd	Reddncy.
Root 1	0,868613	0,830063
Root 2	0,058774	0,021347
Root 3	0,072613	0,001660

Рис. 6. Значення поясненої дисперсії правої та лівої множин

Графічне подання канонічних змінних з правої та лівої множин підтверджує гіпотезу між існуванням

лінійного зв'язку між індексами цифрового та соціально-економічного розвитку країни. Графік розсіювання спостережень канонічних змінних не має значних викидів та викривлень контурів, тому суттєвих порушень основних припущень моделі не спостерігається (рис. 7).

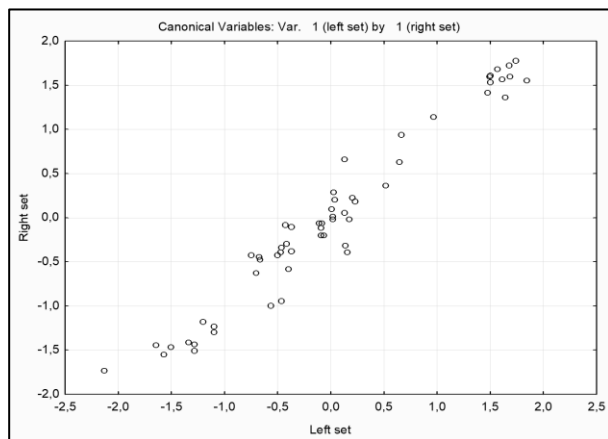


Рис. 7. Розподіл канонічних змінних правої та лівої множин

Розглянемо вагові коефіцієнти у структурі канонічних коренів (рис. 8, 9).

Variable	Canonical Weights, left set		
	Root 1	Root 2	Root 3
FH 2020	0,184177	-0,61177	-0,853338
EGI 2020	0,192084	-2,07404	1,310585
NRI 20	0,576545	1,88715	-0,936743
ICT 2020	0,173255	0,43363	0,195976

Рис. 8. Канонічні вагові коефіцієнти лівої множини

Variable	Canonical Weights, right set		
	Root 1	Root 2	Root 3
SPI 20	0,46280	-1,4939	-0,93482
GCI 2020	0,18381	-0,3938	1,89546
GII 2020	0,41737	1,8625	-0,85835

Рис. 9. Канонічні вагові коефіцієнти правої множини

Вони відповідають стандартизованим змінним обох множин та дозволяють записати систему лінійних рівнянь за z-перетвореними змінними:

$$\begin{cases} u_{11} = 0,184 \cdot Y_{11}(FH) + 0,192 \cdot Y_{12}(EGI) + 0,577 \cdot Y_{13}(NRI) + \\ + 0,174 \cdot Y_{14}(ICT) \\ v_{12} = 0,463 \cdot Y_{21}(SPI) + 0,184 \cdot Y_{22}(GCI) + 0,417 \cdot Y_{23}(GII) \end{cases} \quad (5)$$

## Висновки

Таким чином, виконаний у роботі ґрунтовний аналіз зв'язків множин індексів цифровізації та соціально-економічного розвитку країни дозволив зробити висновок щодо наявності високого рівня їх

взаємного впливу та важливості формування за цими напрямками системи заходів із забезпечення належного рівня цифрового розвитку країни. Встановлено, що найбільший взаємний зв'язок існує між індексом мережної готовності та індексом соціально-економічного прогресу.

## Література

1. «Плюс» 3–4% зростання ВВП у 2023 році: що пророкують українській економіці НБУ, Кабмін та експерти. І чому до її реального відновлення ще далеко [Електрон. ресурс] / Mind : сайт. – Київ, 2023. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://mind.ua/publications/20262529-plyus-3-4-zrostannya-vvp-u-2023-roci-shcho-prorokuyut-ukrayinskij-ekonomici-nbu-kabmin-ta-eksperti>, вільний (дата звернення: 20.10.2023).
2. Global Soft Power Index [Electronic resource] / Brand Finance : website. – London (UK), 2023. – Updated continuously. – Regime of access: <https://brandirectory.com/softpower>, free (date of the application: 20.10.2023).
3. Варламова М. Основні тенденції діджиталізації у глобальному вимірі / М. Варламова, Ю. Дем'янова // Галицький економічний вісник. – № 2 (63). – 2020. – С. 251–260. – DOI: [10.33108/galicianvisnyk\\_tntu2020.02.251](https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.02.251).
4. Дем'янчук М. А. Система показників збалансованого розвитку телекомунікаційного підприємства в умовах цифрових трансформацій / М. А. Дем'янчук // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. – 2020. – № 30. – С. 64–69. – DOI: [10.32782/2413-9971/2020-30-12](https://doi.org/10.32782/2413-9971/2020-30-12).
5. Дмитрієв І. Особливості та тенденції цифрової економіки в Україні / І. Дмитрієв, О. Дмитрієва // Проблеми і перспективи розвитку підприємництва. – 2021. – № 27. – С. 60–74. – DOI: [10.30977/PPB.2226-8820.2021.27.60](https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2021.27.60).
6. Değerli A. Analyzing Information Technology Status and Networked Readiness Index in Context of Diffusion of Innovations Theory / A. Değerli, Ç. Aytakin, B. Değerli // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 195. – P.1553–1562. – DOI: [10.1016/j.sbspro.2015.06.190](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.190).
7. Kallal R. ICT diffusion and economic growth: Evidence from the sectorial analysis of a periphery country / R. Kallal, A. Haddaji, Z. Ftiti // Technological Forecasting and Social Change. – 2021. – Vol. 162. – Article 120403. – DOI: [10.1016/j.techfore.2020.120403](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120403).
8. Концептуальний базис моделювання телекомунікаційного розвитку регіонів методами системного аналізу / Л. О. Чаговець, С. В. Прокопович, С. М. Вознюк, В. В. Чаговець // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – 2021. – № 1 (161). – С. 230–240. – DOI: [10.33042/2522-1809-2021-1-161-230-240](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-230-240).
9. Панасюк В. М. Інформатизація та цифровізація: тенденції та напрями розвитку в Україні / В. М. Панасюк // Інтелект XXI. – 2020. – № 1. – С. 160–165. – DOI: [10.32782/2415-8801/2020-1.29](https://doi.org/10.32782/2415-8801/2020-1.29).
10. Чаговець Л. О. Моделі ідентифікації та прогнозування стану цифровізації країн у світовому просторі / Л. О. Чаговець, В. В. Чаговець // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – 2023. – № 1 (175). – С. 2–12. – DOI: [10.33042/2522-1809-2023-1-175-2-12](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-2-12).
11. Чаговець Л. О. Концептуальний базис оцінки й аналізу стану цифровізації України / Л. О. Чаговець // Digitalization and Information Society. Selected Issues : monograph / A. Ostenda, T. Nestorenko ; University of Technology (Poland). – Katowice : Publishing House of University of Technology, 2022. – Ch. 1.11. – P. 85–108. – Режим доступу: <http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/8b03138919e251>

## References

1. Kharlamov, P. (2023, September 13). "Plus" 3–4% GDP growth in 2023: what the NBU, the Cabinet of Ministers, and experts predict for the Ukrainian economy. And why its real recovery is still far away. *Mind*. Retrieved from <https://mind.ua/publications/20262529-plyus-3-4-zrostannya-vyp-u-2023-roci-shcho-prorokuyut-ukrayinskij-ekonomici-nbu-kabmin-ta-eksperti> [in Ukrainian]
2. Brand Finance. (2023). *Global Soft Power Index*. Retrieved from <https://brandirectory.com/softpower>
3. Varlamova, M., & Demianova, Yu. (2020). Main digitalization trends in the global dimension. *Galician economic journal*, 2(63), 251–260. DOI: [10.33108/galicianvisnyk\\_tntu2020.02.251](https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.02.251) [in Ukrainian]
4. Demianchuk, M. A. (2020). System of indicators of the balanced development of a telecommunication enterprise under the conditions of digital transformations. *Uzhorod National University Herald. International Economic Relations And World Economy*, (30), 64–69. DOI: [10.32782/2413-9971/2020-30-12](https://doi.org/10.32782/2413-9971/2020-30-12) [in Ukrainian]
5. Dmytriiev, I., & Dmytriieva, O. (2021). Features and trends of digital economy in Ukraine. *Problemy i perspektivy rozvytku pidpriemnytstva*, (27), 60–74. DOI: [10.30977/PPB.2226-8820.2021.27.60](https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2021.27.60) [in Ukrainian]
6. Değerli, A., Aytekin, Ç., & Değerli, B. (2015). Analyzing Information Technology Status and Networked Readiness Index in Context of Diffusion of Innovations Theory. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 195, 1553–1562. DOI: [10.1016/j.sbspro.2015.06.190](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.190)
7. Kallal, R., Haddaji, A., & Ftiti, Z. (2021). ICT diffusion and economic growth: Evidence from the sectorial analysis of a periphery country. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120403. DOI: [10.1016/j.techfore.2020.120403](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120403)
8. Chahovets, L. O., Prokopovych, S. V., Vozniuk, S. M., & Chahovets, V. V. (2021). Modelling conceptual basis of

regional telecommunications development by system analysis methods. *Municipal Economy of Cities. Series: Engineering science and architecture*, 1(161), 230–240. DOI: [10.33042/2522-1809-2021-1-161-230-240](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-230-240)

9. Panasiuk, V. M. (2020). Informatization and digitalization: development trends and directions in Ukraine. *Intellect XXI*, (1), 160–165. DOI: [10.32782/2415-8801/2020-1.29](https://doi.org/10.32782/2415-8801/2020-1.29) [in Ukrainian]
10. Chahovets, L. O., & Chahovets, V. V. (2023). Identification and forecasting models of countries digitalization status in world space. *Municipal Economy of Cities. Series: Engineering science and architecture*, 1(175), 2–12. DOI: [10.33042/2522-1809-2023-1-175-2-12](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-2-12) [in Ukrainian]
11. Chahovets, L. O. (2022). Conceptual basis of the Ukraine digitalization state assessment and analysis. In A. Ostenda, & T. Nestorenko (Eds.), *Digitalization and Information Society. Selected Issues* (pp. 85–108). Publishing House of University of Technology. Retrieved from <http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/8b03138919e2513e3eb7df528f532ecc.pdf#page=86> [in Ukrainian]

**Рецензент:** д-р екон. наук, проф. Т.В. Шабельник, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна.

**Автор:** ЧАГОВЕЦЬ Любо́в Олексі́ївна  
кандидат економічних наук, доцент  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця  
E-mail – [liubov.chahovets@hneu.net](mailto:liubov.chahovets@hneu.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4064-9712>

**Автор:** ЧАГОВЕЦЬ Ві́та Ві́талі́ївна  
кандидат економічних наук, доцент  
Державний біотехнологічний університет  
E-mail – [chagovec.v@ukr.net](mailto:chagovec.v@ukr.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0066-2760>

## DIGITALISATION AS A FACTOR OF SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT AND ECONOMIC SECURITY OF THE STATE

L. Chahovets<sup>1</sup>, V. Chahovets<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine

<sup>2</sup>State Biotechnological University, Ukraine

*The modern Ukrainian economy is in a dire situation. It cannot function normally when active hostilities are taking place in the country. Therefore, the problem of determining the factors of the socioeconomic development of the state and its economic security now comes to the fore. Among them, the digitalisation of the country plays an important role. Considering the relevance of the recovery of the Ukrainian economy, which suffered a decline due to the war, it is considered appropriate to carry out a comprehensive analysis of the digitisation state of the country by modern methods. The paper is devoted to the problem of interdependence estimation of the digitisation and socioeconomic development indices of the country. The article aims to improve the complex of mathematical models for assessment and analysis of the digitisation state of the country, which will be supplemented with a model of interdependence indicators of digitisation and socioeconomic development of the state. Implementing the model will allow for determining digitalisation development directions, estimating the socioeconomic development level of the state, as well as ensuring its economic security. In the process of research, the following tasks were set to be solved: to select and form a base of indicators necessary for modelling; to develop a model; to investigate the canonical correlation between socioeconomic and digital development indicators by the canonical analysis methods; to investigate the dispersion of canonical variables observations and to find out the most significant areas of digitalisation improvement. As a result of the study, the highest correlation was evaluated between the network readiness index and the socioeconomic progress index (coefficient 0.98). The socioeconomic progress index is also related to the e-government development index (0.92) and the information and communication technology development index (0.90). Thus, the analysis performed in the paper of the correlation between the sets of digitalisation and the socioeconomic development indexes allows us to conclude the presence of a high level of their significant influence and the importance of forming a system of measures to ensure the proper level of the digital development of the country in these directions.*



**Keywords:** *modelling, methods, canonical analysis, digitalisation, socioeconomic development, economic security of the state.*