

DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8559/2024-6-3>
УДК 550.34.01:67(100)

Войтко Сергій Васильович

доктор економічних наук,
професор кафедри міжнародної економіки,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2488-3210>

Троцько Валерія Вікторівна

здобувач другого рівня вищої освіти,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0008-1072>

РОЗРОБЛЕННЯ ІНДЕКСУ ГОТОВНОСТІ ДО ІНДУСТРІЇ 5.0 ДЛЯ КРАЇН

Стаття присвячена формуванню та верифікації індексу готовності країн до Індустрії 5.0, що представляє собою новий етап розвитку промисловості, де технології Четвертої промислової революції поєднуються з людиноцентричним підходом. У дослідженні виділяються ключові засади Індустрії 5.0: високотехнологічність; орієнтація на Людину та екологічна стійкість. Кожен із цих компонентів аналізується як важливий елемент, який визначає нові принципи організації виробництва та співпраці між людьми та машинами і розкладається на сім підкомпонентів для кожного напрямку. Обґрунтовано доцільність використання кожного підкомпонента у формулі для визначення індексу. Запропонований індекс надає можливість оцінювати рівень підготовленості національних економік до переходу на наступний технологічний рівень і розробленню стратегій для вирішення викликів, які приносить Індустрія 5.0. Розглянуто відмінності у рівні готовності різних країн, базуючись на результатах розрахунків індексу для окремих держав. Обрано тринадцять країн, поділених на три реєр-групи за рівнем розміру внутрішнього валового продукту на душу населення. Дослідження демонструє, що економічно розвинені країни, як-от США, Сінгапур та Швеція, мають високу готовність до лідерства в Індустрії 5.0, тоді як країни з середнім і низьким рівнем доходу, включаючи Україну, відстають і потребують масштабних реформ і значних інвестицій. Отримані результати свідчать про те, що розроблений індекс може слугувати важливим інструментом для оцінювання рівня готовності країн до Індустрії 5.0 та визначення пріоритетів розвитку. Даний інтегральний показник сприяє країнам виявити слабкі місця і визначити напрями, які потребують підвищеної уваги для забезпечення стійкого та конкурентоспроможного розвитку на світовій арені. Результати дослідження сприятимуть інноваційному зростанню і прискоренню процесу цифрової трансформації, що є ключовим фактором у нових умовах глобалізації та технологічних змін. Важливо зазначити, що індекс допомагає виміряти не лише технологічний рівень, але й соціальні та екологічні показники готовності країн до нового етапу промислового розвитку.

Ключові слова: Індустрія 5.0, цифровізація, індекс готовності до Індустрії 5.0, високі технології, Суспільство 5.0.

Serhii Voitko, Valeriia Trotsko

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

DEVELOPING THE INDUSTRY 5.0 READINESS INDEX

The article is devoted to the formation and verification of the index of countries' readiness for Industry 5.0, which is a new stage of industrial development, where the technologies of the Fourth Industrial Revolution are combined with a human-centered approach. The study highlights the key aspects of Industry 5.0: high-tech; human-centeredness; and environmental sustainability. Each of these components is analyzed as an important element that defines new principles of organization of production and cooperation between people and machines and is divided into seven subcomponents for each direction. The expediency of using each subcomponent in the index formula is substantiated. The proposed index provides an opportunity to assess the level of readiness of national economies to move to the next technological level and

develop strategies to address the challenges posed by Industry 5.0. Differences in the level of readiness of different countries are considered, based on the results of the index calculations for individual countries. Thirteen countries were selected, divided into three peer groups according to the level of gross domestic product per capita. The study shows that economically developed countries, such as the United States, Singapore, and Sweden, are highly prepared to lead in Industry 5.0, while middle- and low-income countries, including Ukraine, are lagging behind and need large-scale reforms and significant investments. The results show that the developed index can serve as an important tool for assessing the level of readiness of countries for Industry 5.0 and identifying development priorities. This integral indicator helps countries identify weaknesses and identify areas that require increased attention to ensure sustainable and competitive development on the global stage. The results of the study will contribute to innovative growth and accelerate the process of digital transformation, which is a key factor in the new environment of globalization and technological change. It is important to note that the index helps to measure not only the technological level, but also social and environmental indicators of countries' readiness for a new stage of industrial development.

Keywords: Industry 5.0, digitalization, Industry 5.0 Readiness Index, high technologies, Society 5.0.

Вступ. Упродовж кількох століть людство стало свідком чотирьох промислових революцій, кожна з яких знаменувала собою радикальні зміни у способах організації виробництва, ефективності праці та стилю життя. Перша революція принесла друкарський верстат і значну механізацію виробничих процесів, друга – масове виробництво, електрофікацію та перші конвеєрні лінії, третя – автоматизацію та комп'ютеризацію, а четверта – цифровізацію та кіберфізичні системи. Натепер ми стоїмо на порозі Індустрії 5.0, яка поєднує у собі фізичний та цифровий світи, стираючи межі між людьми, машинами та навколишнім середовищем. Нова революція характеризуватиметься посиленою співпрацею людей, роботів і штучного інтелекту, де основним рушієм сили буде саме Людина. Індустрія 5.0 має значний потенціал для покращення якості життя, але все ще не є достатньо дослідженою. Для успішного функціонування її засад державам доцільно оцінити свою готовність до Індустрії 5.0. Таким чином, згодом буде спрощено адаптуватися до нової реальності, у яку поступово поринає людство. Саме тому важливо створити комплексний інструмент оцінювання - індекс готовності до Індустрії 5.0.

Матеріали та методи. Індустрія 5.0 є предметом дослідження науковців у різних країнах світу, зокрема й в Україні. У роботах Зубкової А., Майгури Д. та Місюні Р. [1] розглядаються основні відмінності між Індустрією 4.0 та Індустрією 5.0, зокрема, акцентується увага на тому, що, якщо Індустрія 4.0 спрямована на автоматизацію виробництва та використання передових технологій, то Індустрія 5.0, окрім технологічних інновацій, на перше місце ставить роль Людини у виробничих процесах. У своїх дослідженнях автори також використовують концепцію "Суспільства 5.0", яка описує інтеграцію фізичного та цифрового світів для створення більш гармонійного та збалансованого суспільства. Необхідність впровадження людиноцентричного підходу в Індустрії 5.0, де люди стають основними рушіями технологічних змін, докладно

розглядається у працях Дмитренко Г. та Головач Н. Автори наголошують на тому, що основна мета Індустрії 5.0 полягає не лише у підвищенні продуктивності та рівня ефективності виробничих процесів, але й у створенні умов для комфортної та безпечної праці, враховуючи індивідуальні потреби людей. Дослідження високих технологій (High Technology) та їхньої ролі у переході від Четвертої до П'ятої промислової революції є важливим аспектом у роботах Manikandan S., Elakiya E., Punitha Devi C. [2]. Вчені стверджують, що Індустрія 5.0 прагне до персоналізації технологій, створюючи нові умови для співпраці між Людиною і машинами, де інтелектуальні системи доповнюють людські здібності, а не замінюють їх. Незважаючи на наявність значної кількості наукових праць, які висвітлюють окремі складові Індустрії 5.0, комплексний підхід до формування інтегрального індексу готовності країн до цього етапу технологічного розвитку залишається недостатньо вивченим. Відсутність єдиної методики оцінки готовності країн створює певні труднощі у порівнянні їхнього прогресу та визначенні пріоритетних напрямів розвитку. Таким чином, це питання потребує подальшого наукового дослідження для створення більш структурованих та ефективних підходів, які дозволять країнам адаптуватися до викликів Індустрії 5.0.

Основною ціллю статті є створення та верифікація Індексу готовності країн світу до Індустрії 5.0 на основі визначених інтегральних показників.

Результати. Говорячи про Індустрію 5.0, важливо зазначити декілька суттєвих деталей. По-перше, вона не є "індустрією" у прямому розумінні цього слова. На відміну від попередніх індустриальних революцій, які характеризувалися виникненням нових технологій, продуктів і, навіть, секторів, Індустрія 5.0 не має чітких меж. Вона не просто поєднує різні технології, а прагне до їхньої глибокої інтеграції. Межі між різними галузями (ІТ, робототехніка, штучний інтелект, біотехнології та інші) поступово стираються.

Таким чином, Індустрія 5.0 не породжує нові технології, а сприяє їхній персоналізації, адаптивності та співпраці між людьми та машинами.

Важливо зазначити, що Індустрія 5.0 не замінює Індустрію 4.0, а розвиває та доповнює її. Тоді чи можна вважати Індустрію 5.0 частиною Четвертої промислової революції, а не окремим етапом розвитку промисловості? З одного боку, так: вона будується на фундаменті, закладеному саме Індустрією 4.0, і не може існувати без неї. Проте, так само можна сказати і про попередні промислові революції. З іншого боку, Індустрія 5.0 має нові цілі, які зосереджені на більш глибоких змінах саме у суспільстві, а отже, потребує нових навичок і знань, які не були необхідними та доступними в Індустрії 4.0 [1]. У табл. 1 наведені основні відмінності між цими двома поняттями.

Саме тому варто розглядати Індустрію 5.0 скрізь призму іншого поняття – Суспільство 5.0 (Society 5.0, “Надрозумне суспільство”). Суспільство 5.0 описує цілісну концепцію майбутнього суспільства, де люди, технології та навколишнє середовище гармонійно співіснують і співпрацюють для загального блага. Таке бачення у майбутньому прагне вирішити глобальні проблеми людства, такі як бідність, нерівність, зміна клімату та старіння населення. Індустрія 5.0, з іншого боку, фокусується на технологічних деталях цієї трансформації. Вона є логічним продовженням Четвертої промислової революції. Іншими словами, Суспільство 5.0 є кінцевою метою, а Індустрія 5.0 – це інструменти та технології, які допоможуть нам досягти цієї мети [2].

Для виявлення ключових компонентів індексу обрано такі основні характеристики Індустрії 5.0 як людиноцентричність, високотехнологічність та екологічна стійкість. Розглянемо окремо кожен компонент.

Як вже було зазначено, людиноцентричність є однією з основних характеристик Індустрії 5.0, яка вирізняє її від попередніх індустриальних революцій. Людиноцентричність – це підхід, який фокусується на задоволенні потреб, безпеки та благополуччя Людини у процесі впровадження нових технологій та виробничих процесів [3]. Впровадження людиноцентричності у сфері виробництва сприяє створенню безпечних, комфортних та інноваційних робочих місць, підвищує рівень ефективності та продуктивності виробничих систем, водночас зберігаючи контроль за Людиною.

Так, як Індустрія 5.0 є логічним продовженням Індустрії 4.0, то їй притаманні і ключові властивості даної промислової революції, основною з яких є активне створення і використання новітніх технологій. Високотехнологічність – це застосування найновіших технологічних досягнень у виробничих процесах: використання штучного інтелекту (AI), робототехніки, Інтернету речей (IoT), 3D-друку, блокчейну та інших передових технологій. Даний підхід сприяє оптимізації процесів, зменшенню витрат і підвищенню рівня ефективності виробництва [4].

І останнім, але не менш важливим компонентом Індустрії 5.0 було обрано саме екологічну стійкість. Екологічна стійкість – це підхід до виробництва, який враховує потреби майбутніх поколінь шляхом збереження природних ресурсів, зменшення викидів забруднюючих речовин і впровадження екологічно чистих технологій. Вона спрямована на мінімізацію негативного впливу виробничих процесів на навколишнє середовище, забезпечення ефективного використання ресурсів і підтримку екологічної рівноваги.

Таким чином, складові майбутнього індексу можна умовно поділити на три групи, кожна з яких відповідатиме вищенаведеній категорії (табл. 2).

Таблиця 1 – Ключові відмінності між Індустрією 4.0 та Індустрією 5.0

Характеристика	Індустрія 4.0	Індустрія 5.0
Ціль	Підвищення рівня ефективності та продуктивності	Підвищення рівня якості життя та умов праці
Фокусування	Автоматизація, цифровізація	Співпраця між людьми, співпраця між людьми та машинами
Виробництво	Масове, стандартизоване	Адаптивне, персоналізоване
Енергетичний сектор	Енергоефективність, зменшення витрат	Фокусування на збереженні природних ресурсів
Поняття безпеки	Кібербезпека для захисту інфраструктури	Фокусування на збереженні конфіденційності користувачів
Роль Людини	Розглядається як частина процесу виробництва	Цінуються навички кожної окремої особи
Вплив на суспільство	Збільшення продуктивності, скорочення робочих місць	Покращення рівня якості життя, вирішення глобальних проблем

Джерело: складено авторами на основі [1]

Таблиця 2 – Компоненти Індексу готовності до Індустрії 5.0

Людноцентричність	Високотехнологічність	Екологічна стійкість
– Індекс людського розвитку – Індекс сприйняття корупції – Глобальний індекс гендерного розриву	– Експорт High-Technology – Кількість користувачів Інтернету – Витрати на дослідження і розробки	– Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел

Джерело: складено авторами

Індекс людського розвитку (Human Development Index) – це інтегральний показник, запропонований ООН у 1990 році для того щоб підкреслити, що люди та їхні здібності мають бути основним критерієм для оцінювання розвитку країни, а не тільки її економічне зростання. Він складається з чотирьох основних компонентів: 1) середня тривалість навчання, 2) очікувана тривалість життя при народженні та 4) валовий національний дохід (ВНД) на душу населення [5]. Високий показник ІЛР за своєю суттю означає, що країна, про яку йде мова, пропонує своїм громадянам загалом високий рівень життя з гідною охороною здоров'я, освітою і можливістю заробляти. Індекс людського розвитку може стати важливим інструментом для оцінювання готовності країн до Індустрії 5.0. Країни з високим показником індексу мають більше шансів на успішну інтеграцію принципів Індустрії 5.0, зокрема завдяки високому рівню освіти, здоров'я населення та економічної стабільності.

Ще одним інтегральним показником, який є компонентом Індексу готовності до Індустрії 5.0, є Індекс сприйняття корупції (Corruption Perceptions Index). Створений незалежною неурядовою організацією Transparency International, він оцінює країни на основі сприйнятого ними рівня корупції за шкалою від 0 (висока корумпованість) до 100 (низька корумпованість). CPI базується на опитуваннях місцевих і міжнародних власників бізнесу, фінансових журналістів та аналітиків ризиків. Також важливо зазначити, що індекс зосереджується на державному секторі й оцінює ступінь корупції саме серед державних службовців і політиків [6]. У контексті Індустрії 5.0 Індекс сприйняття корупції може бути індикатором ефективності державного управління. Країни з низьким рівнем корупції, як правило, більш здатні до впровадження інновацій, що є критично важливим критерієм для розвитку Індустрії 5.0.

Останньою складовою компоненту “Людноцентричність” було запропоновано Глобальний індекс гендерного розриву (Global Gender Gap Index). Він вперше був запроваджений Всесвітнім економічним форумом у 2006 році для фіксації величини гендерної нерівності у світі та відстеження її розвитку з часом. Індекс вимірює розрив

між чоловіками та жінками у чотирьох таких ключових сферах: 1) економічній, 2) освітній, 3) політичній та 4) охороні здоров'я [7]. Індустрія 5.0 орієнтована на гармонію між технологіями та потребами Людини. Гендерна рівність є необхідною складовою цієї гармонії.

Експорт High Technology (% від ВВП) – це показник, який відображає частку експорту продукції високих технологій у валовому внутрішньому продукті (ВВП) країни [8]. Високотехнологічний експорт стимулює науково-дослідну діяльність і розвиток інновацій, що є основою Індустрії 4.0 (яка є невід’ємною частиною Індустрії 5.0). Він сприяє впровадженню передових технологій у виробництво й інші галузі. Інноваційні рішення у сфері охорони здоров'я, освіти, транспорту й енергетики створюють більш комфортні та безпечні умови для населення.

Ще одним компонентом “високотехнологічності” є кількість користувачів – частка населення країни, яка має доступ до Інтернету й активно ним користується [9]. Більший доступ до Інтернету сприяє ширшому розповсюдженню інформації та ресурсів, підвищуючи рівень освіти та професійної підготовки населення. Інтернет-користувачі користуються різноманітними цифровими послугами: електронним урядуванням, онлайн-банкінгом, телемедициною тощо. Цей показник є вкрай важливим для відображення розвитку інновацій та впровадження нових технологій, які є основою Індустрії 4.0 та 5.0.

Витрати на дослідження і розробки (англ. R&D – Research and Development) (% від ВВП) показують частку валового внутрішнього продукту, яку країна витрачає на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи [10]. Показник є необхідним індикатором інноваційного потенціалу країни та її здатності підтримувати технологічний прогрес. В умовах Індустрії 4.0 та 5.0 витрати на R&D є критично важливими для розвитку штучного інтелекту, інтернету речей, робототехніки, блокчейну тощо.

Показником, який відображатиме компонент “Екологічна стійкість” було обрано виробництво електроенергії з відновлювальних джерел (ВДЕ) (% від всієї виробленої електроенергії у країні). У контексті даного показника в якості ВДЕ визначено сонячну, вітрову, гідроелектричну, геотермальну енергію та енергію, утворену з біомаси.

Індустрія 5.0 підкреслює важливість екологічної стійкості поряд із технологічними інноваціями. Виробництво електроенергії з ВДЕ сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище, що відповідає принципам сталого розвитку та засадам Індустрії 5.0.

Всі ці компоненти були використані для розрахунку Індексу готовності до Індустрії 5.0. Додатковими критеріями для вибору показників стали доступність даних (наскільки широкий спектр країн охоплюється), їхня актуальність (відомості про показник мають бути оновлені не раніше 2021 року) та надійність джерела інформації.

Індекс готовності до Індустрії 5.0 – інтегральний багатокомпонентний показник, тому його складові не є рівнозначними, а отже потребують розрахунку вагових коефіцієнтів. Ваговий коефіцієнт – це своєрідний "важіль", який дозволяє надавати більшу або меншу вагу різним елементам індексу. Використання вагових коефіцієнтів забезпечує більш точні результати дослідження, оскільки при розрахунках також враховується ступінь впливу обраних факторів.

Для оцінки компонентів індексу було використано метод експертних оцінок – один з найпоширеніших методів збору та аналізу інформації, який базується на думках декількох експертів. Одними з основних переваг даного методу є широка доступність і швидкість отримання результатів. Під час виконання дослідження було індивідуально опитано 10 експертів, які мали розставити

8 вищенаведених компонентів майбутнього індексу за їхньою важливістю для Індустрії 5.0, де 1 – найменш значущий показник, 8 – найбільш значущий. Результати були сформовані у вигляді таблиці (табл. 3).

Наступним кроком була обробка результатів експертного оцінювання і виставлення балів для подальшого розрахунку вагових коефіцієнтів. Бали надавалися таким чином: експерт визначив компонент найменш важливим для індексу та поставив його на останнє місце, то цьому показнику надається 1 бал, якщо, навпаки, на перше місце – 7 балів. Існує декілька методів рангування показників: розрахунок суми оцінок експертів, середнє арифметичне, середнє геометричне, медіана тощо. Для спрощення розрахунків було обрано метод визначення загальної суми. (табл. 4).

Таким чином, експерти визначили високо-технологічний експорт найбільш значущим компонентом індексу, а глобальний індекс гендерного розриву посів останнє 7 місце у рейтингу. Тоді формула (1) розрахунку вагових коефіцієнтів для Індексу готовності до Індустрії 5.0 виглядатиме так:

$$k = \frac{\sum E_i}{\sum_{\text{загальна}} 1} \quad (1)$$

де k – ваговий коефіцієнт.

Отже, після проведених розрахунків зведена таблиця (табл. 5) вагових коефіцієнтів матиме такий вигляд:

Таблиця 3 – Експертні оцінки компонентів індексу

Показник	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Експорт High Technology	5	7	2	5	7	4	6	3	7	6
Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел	7	4	7	4	3	7	3	6	2	7
Кількість користувачів Інтернету	6	6	4	3	2	6	7	1	3	5
Індекс людського розвитку	1	1	3	6	1	2	4	5	6	3
Індекс сприйняття корупції	2	3	6	2	4	5	5	7	1	4
Витрати на дослідження та розробки	4	5	1	7	6	1	2	2	5	1
Глобальний індекс гендерного розриву	3	2	5	1	5	3	1	4	4	2

Джерело: складено авторами

Таблиця 4 – Обробка результатів експертних оцінок

Показник	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Сума	Ранг
Експорт High Technology	3	1	6	3	1	4	2	5	1	2	28	1
Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел	1	4	1	4	5	1	5	2	6	1	30	2
Кількість користувачів Інтернету	2	2	4	5	6	2	1	7	5	3	37	3
Індекс людського розвитку	7	7	5	2	7	6	4	3	2	5	48	6
Індекс сприйняття корупції	6	5	2	6	4	3	3	1	7	4	41	4
Витрати на дослідження та розробки	4	3	7	1	2	7	6	6	3	7	46	5
Глобальний індекс гендерного розриву	5	6	3	7	3	5	7	4	4	6	50	7
Загальна сума											280	

Джерело: складено авторами

Таблиця 5 – Розраховані вагові коефіцієнти

Експорт High Technology	0,100
Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел	0,107
Кількість користувачів Інтернету	0,132
Індекс людського розвитку	0,171
Індекс сприйняття корупції	0,146
Витрати на дослідження та розробки	0,164
Глобальний індекс гендерного розриву	0,179

Джерело: складено авторами

Останнім кроком є власне розрахунок Індексу готовності до Індустрії 5.0 на основі вагових коефіцієнтів. Для цього спочатку необхідно знайдене у відкритих джерелах значення компонента індексу помножити на відповідний ваговий коефіцієнт. Сам індекс розраховується як загальна сума знайдених показників для окремої країни (2).

$$I_{5.0} = \sum (i_n \times k_n), \quad (2)$$

де $I_{5.0}$ – Індекс готовності до Індустрії 5.0;

i_n – значення відповідного показника;

k_n – ваговий коефіцієнт.

Тепер можна перевірити правильність розрахунків, знайшовши значення Індексу готовності до Індустрії 5.0 для окремих країн світу. Індустрія 5.0, як новий етап розвитку промисловості, відкриває перед Україною нові можливості для модернізації економіки та підвищення рівня їхньої конкурентоспроможності. Розрахунок значення індексу Індустрії 5.0 надасть змогу не лише оцінити поточний стан української промисловості, а й визначити напрями подальшого розвитку та виявити сильні та слабкі сторони. Систематичний щорічний моніторинг інтегрального показника надає можливість відстежувати прогрес у реалізації стратегії та своєчасно коригувати її.

Для порівняння отриманих результатів необхідно сформувавши реєр-групу країн, які будуть схожі між собою за значенням певного обраного показника. Термін “реєр-група” найчастіше використовується у соціології та має на увазі групу людей, об’єднаних між собою за деяким критерієм: стать, вік, уподобання, соціальний статус тощо [11]. Проте, реєр-групи можна застосовувати і в економічних дослідженнях, щоб обрати ключові країни для порівняння за визначеним критерієм. Для України поняття реєр-групи є особливо актуальним. Порівнюючи себе з країнами

Центральної та Східної Європи, які розпочали перехід до ринкової економіки приблизно у той же час, Україна може визначити напрями свого подальшого розвитку.

При формуванні реєр-групи даного дослідження обрано значення ВВП на душу населення (табл. 6). Цей показник традиційно використовується як один з ключових індикаторів рівня економічного розвитку країни. Однак, у контексті переходу до Індустрії 5.0 показник набуває нового значення. Він стає не лише доказом результату економічного зростання, а й важливим важелем, що впливає на швидкість та успішність трансформаційних процесів у країні.

Країни обрано за такими критеріями: 1) значення ВВП на душу населення є наближеним до українського, 2) країни Східної або Південно-Східної Європи. Значення цього показника в Україні та країн-представниць реєр-групи є одним з найнижчих у Європі. Тепер, знаючи значення всіх компонентів, можна розрахувати Індекс готовності до Індустрії 5.0 за формулою (2).

Результати дослідження показують, що наразі Україна ділить передостаннє місце серед європейських країн за рівнем готовності до Індустрії 5.0 з Боснією і Герцеговиною, залишаючи позаду лише Молдову. Аналіз даних надає можливість виявити як сильні сторони України, так і напрями для подальшого розвитку. Експорт високих технологій в Україні є нижчим за середній порівняно з іншими країнами групи. Основною причиною є недостатній розвиток інноваційного сектору економіки. Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел в Україні також знаходиться на невисокому рівні, що вказує на відставання у розвитку “зеленої” енергетики.

Рівень використання інтернету в Україні є близьким до середнього по групі, адже країна має значні успіхи у розвитку цифрової економіки. Однак, індекс людського розвитку – один з найважливіших компонентів Індексу готовності до Індустрії 5.0, в Україні нижчий за середній. Таке значення Індексу сприйняття корупції негативно впливає на інвестиційний клімат та економічне зростання. Витрати на дослідження і розробки також є недостатніми, що гальмує інноваційний розвиток. Також можна відмітити і наявні проблеми у сфері гендерної рівності. Загалом, результати вказують на наявність певного потенціалу для розвитку, який потребує додаткових зусиль.

Таблиця 6 – Перша пір-група країн

Країна	Албанія	Болгарія	Боснія і Герцеговина	Молдова	Сербія	Україна	Чорногорія
ВВП на душу населення	6810,1	13974,4	7568,8	5714,4	9537,7	4534,0	5714,4

Джерело: складено авторами на основі [12]

Таблиця 7 – Індекс для першої пір-групи

Показник/країна	Албанія	Болгарія	Боснія і Герцеговина	Молдова	Сербія	Україна	Чорногорія
Експорт High Technology	0,0006	0,09	0,05	0,02	0,05	0,060	0,08
Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел	0,1	0,026	0,041	0,01	0,036	0,017	0,06
Кількість користувачів Інтернету	0,83	0,79	0,79	0,61	0,84	0,790	0,88
Індекс людського розвитку	0,79	0,8	0,78	0,76	0,81	0,730	0,84
Індекс сприйняття корупції	0,37	0,45	0,35	0,42	0,36	0,360	0,46
Витрати на дослідження та розробки	0,015	0,007	0,001	0,023	0,01	0,033	0,036
Глобальний індекс гендерного розриву	0,79	0,71	0,69	0,78	0,76	0,710	0,71
Індекс готовності до Індустрії 5.0	0,454	0,447	0,422	0,419	0,449	0,422	0,475

Джерело: складено авторами на основі [5–10]

Для того, щоб перевірити правильність розрахунків для Індeksu, варто створити ще одну реє-групу. Основним завданням є порівняння країн, які потенційно можуть мати найвище або найнижче значення розробленого інтегрального показника. Таким чином, так само, за ВВП на душу населення було обрано три країни з одним з найбільших значень даного показника (США, Сінгапур, Швеція) та три з найменшим (Лаос, Судан, Гватемала). Також одним з критеріїв відбору країн-учасниць реє-групи стало їхнє материкове походження – взято одну європейську державу (Швеція), дві азійських (Сінгапур, Лаос), дві з американської частини світу (США, Гватемала)

та одну африканську (Судан). ВВП на душу населення (тис. дол. США) даних країн представлено у табл. 8.

Результати розрахунку Індeksu готовності до Індустрії 5.0 для даної реє-групи представлені у табл. 9.

Наведена таблиця надає можливість провести порівняльний аналіз рівня розвитку різних країн за низкою ключових показників, що характеризують їхню готовність до переходу до Індустрії 5.0. США, Сінгапур та Швеція демонструють високі показники експорту високотехнологічної продукції, але відрізняються різним рівнем розвитку відновлювальної енергетики: Швеція є лідером

Таблиця 8 – Друга пір-група країн

Країна	США	Сінгапур	Швеція	Лаос	Судан	Гватемала
ВВП на душу населення	81695,2	84734,3	56305,3	2075,4	2272,5	5797,5

Джерело: складено авторами на основі [12]

Таблиця 9 – Індекс для другої пір-групи

Показник/країна	США	Сінгапур	Швеція	Лаос	Судан	Гватемала
Експорт High Technology	0,18	0,25	0,17	0,07	0,02	0,050
Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел	0,23	0,05	0,69	0,07	0,06	0,070
Кількість користувачів Інтернету	0,92	0,96	0,95	0,62	0,28	0,510
Індекс людського розвитку	0,93	0,95	0,95	0,62	0,52	0,630
Індекс сприйняття корупції	0,69	0,83	0,82	0,28	0,2	0,230
Витрати на дослідження та розробки як частка ВВП	0,035	0,02	0,034	0,0004	0,0002	0,001
Глобальний індекс гендерного розриву	0,74	0,73	0,81	0,73	0,3	0,650
Індекс готовності до Індустрії 5.0	0,563	0,575	0,650	0,374	0,217	0,338

Джерело: складено авторами на основі [5–10]

у цьому напрямку, тоді як США та Сінгапур мають менші показники. Країни з низьким і середнім рівнем доходу, такі як Лаос, Судан і Гватемала, демонструють значно нижчі показники за всіма розглянутими індексами. Таким чином, за результатами двох досліджень, можна зробити висновок, що розрахунок Індексу відбувся правильно та даний інтегральний компонент можна розраховувати для будь-якої країни світу.

Висновки. Проведене дослідження спрямоване на розробку індексу готовності країн до Індустрії 5.0 та його розрахунок на прикладі вибраних країн. Індустрія 5.0, як новий етап розвитку промисловості, що поєднує в собі технології Четвертої промислової революції з людським фактором, ставить перед країнами світу нові виклики та можливості. Для успішного переходу до Індустрії 5.0 необхідна комплексне оцінювання готовності національних економік, що й стало метою дослідження.

Розроблений індекс надає можливість оцінити рівень готовності країни до переходу до Індустрії 5.0 за такими ключовими напрямками:

високотехнологічність, людиноцентричність та екологічна стійкість. Результати розрахунків індексу для вибраних країн світу демонструють значну різницю у рівні їхньої готовності до Індустрії 5.0. Країни з розвинутою економікою, такі як США, Сінгапур та Швеція, мають високі показники за більшістю складових індексу, що свідчить про їхню готовність до лідерства у цій галузі. Водночас, країни з низьким і середнім рівнями доходу, в тому числі й Україна, демонструють значно нижчі показники, що вказує на необхідність проведення масштабних реформ та інвестицій.

Отримані результати підтверджують важливість розробленого індексу як інструменту для оцінювання готовності країн до Індустрії 5.0 та визначення пріоритетних напрямів розвитку. Результати дослідження можуть бути використані для подальших досліджень з метою розроблення ефективних політик, спрямованих на стимулювання інноваційного розвитку та підвищення рівня конкурентоспроможності національних економік.

Література:

1. Зубкова А., Майгурова Д., Місюня Р. Управління проектами цифрової трансформації міжнародних підприємств: ключові відмінності індустрії 4.0 та 5.0. *Modeling the development of the economic systems*. 2023. № (2). С. 120–130. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-8-16>
2. Manikandan S., Elakiya E., Punitha Devi C. Industrial Revolution and Metaverse: Industry 5.0. *Quing Publications*. 2023. Vol. 1. P. 12–19. URL: https://www.researchgate.net/publication/376477248_Chapter_1_Industry_50_and_Society_50
3. Дмитренко Г., & Головач Н. Людиноцентрична сутність економічного розвитку. *Економіка та суспільство*. 2021. № (29). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-29-8>
4. Сосновська О.О., Вакофян В.Г. Індустрія 4.0: сутність і тенденції розвитку. *Бізнес Інформ*. 2022. № 1. С. 137–144. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-1-137-144>
5. Team T.I. What Is the Human Development Index (HDI)?. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/h/human-development-index-hdi.asp> (дата звернення: 31.08.2024).
6. Corruption Perceptions Index Transparency.org. URL: <https://www.transparency.org/en> (дата звернення: 02.09.2024).
7. Composite Indicators and Scoreboards. European Commission – Joint Research Centre. URL: <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/explorer/indices/GGGI/global-gender-gap-index> (дата звернення: 07.09.2024).
8. High-technology exports (% of manufactured exports). World Bank Open Data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.MF.ZS> (дата звернення: 07.09.2024).
9. Individuals using the Internet (% of population). World Bank Open Data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS> (дата звернення: 08.09.2024).
10. Research and development expenditure (% of GDP). World Bank Open Data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS> (дата звернення: 08.09.2024).
11. Meanings & Definitions of English Words. Dictionary. URL: <https://www.dictionary.com/browse/peer-group> (дата звернення: 11.09.2024).
12. GDP per capita (current US\$). World Bank Open Data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> (дата звернення: 11.09.2024).

References:

1. Zubkova A., Maihurova D., Misiunia R. (2023) Upravlinnia proiektamy tsyfrovoy transformatsii mizhnarodnykh pidpriemstv: kliuchovi vidminnosti Industrii 4.0 ta 5.0 [Management of Digital Transformation Projects of International Enterprises: Key Differences of Industry 4.0 and 5.0]. *Modeling the development of the economic systems*, vol. 2, pp. 120–130. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-8-16> (accessed September 7, 2024).
2. Manikandan S., Elakiya E., Punitha Devi C. (2023) Industrial Revolution and Metaverse: Industry 5.0. *Quing Publications*, vol. 1, pp. 12–19. Available at: https://www.researchgate.net/publication/376477248_Chapter_1_Industry_50_and_Society_50 (accessed September 9, 2024).

3. Dmytrenko H., & Holovach N. (2021) Liudynotsentrychna sutnist ekonomichnoho rozvytku [Human-Centric Essence of Economic Development]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 29, pp. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-29-8> (accessed September 14, 2024).
4. Sosnovska O. O., Vakofian V. H. (2022) Industriia 4.0: sutnist i tendentsii rozvytku [Industry 4.0: The Essence and Development Trends]. *Biznes Inform*, vol. 1, pp. 137–144. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-1-137-144> (accessed September 21, 2024).
5. What Is the Human Development Index (HDI)? Available at: <https://www.investopedia.com/terms/h/human-development-index-hdi.asp> (accessed August 31, 2024).
6. Corruption Perceptions Index. Available at: <https://www.transparency.org/en/> (accessed September 2, 2024).
7. Composite Indicators and Scoreboards. Available at: <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/explorer/indices/GGGI/global-gender-gap-index> (accessed September 7, 2024).
8. High-technology exports (% of manufactured exports). World Bank Open Data. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.MF.ZS> (accessed September 7, 2024).
9. Individuals using the Internet (% of population). World Bank Open Data. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS> (accessed September 8, 2024).
10. Research and development expenditure (% of GDP). World Bank Open Data. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS> (accessed September 8, 2024).
11. Meanings & Definitions of English Words. Dictionary.com. Available at: <https://www.dictionary.com/browse/peer-group> (accessed September 11, 2024).
12. GDP per capita (current US\$). World Bank Open Data. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> (accessed September 11, 2024).

Стаття надійшла до редакції 30.09.2024 р.