

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Економічний факультет
Кафедра статистики, обліку та аудиту

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: **“Аналітичне дослідження розвитку та впровадження в Україні
технологій автоматизації”**

Виконав: студент 2 курсу
спеціальності 051 “Економіка”
(освітньо-професійна програма
“Бізнес-аналітика та міжнародна
статистика”)



Денис СОЛОДОВНИКОВ

Керівник: к. е. н., доцент ЗВО
кафедри статистики, обліку та аудиту



Тетяна ЧАЛА

Роботу допущено до захисту перед АК рішенням кафедри статистики,
обліку та аудиту від «09» листопада 2023 р., протокол № 4

Зав. кафедри статистики, обліку та аудиту



Оксана НЕСТЕРЕНКО

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра Солодовнікова Дениса Юрійовича на тему “Аналітичне дослідження розвитку та впровадження в Україні технологій автоматизації” складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 103 сторінки, з яких 95 сторінок основного тексту. Робота містить 22 таблиці, 20 рисунків, 7 формул, 6 додатків. Список використаних джерел – 75 найменування на 9 сторінках.

Метою роботи є обґрунтування теоретико-методичних засад аналітичного дослідження сучасного стану впровадження технологій автоматизації в Україні.

Об’єктом дослідження є дослідження розвитку та впровадження в Україні технологій автоматизації.

Предметом дослідження є теоретична оцінка та статистичні інструменти аналізу ринку технологій автоматизації в Україні.

Методи дослідження. Під час проведення дослідження використано табличні та графічні методи для відображення результатів розрахунків. Застосовані багатовимірні методи статистичного аналізу, такі як регресійний аналіз та сингулярний спектральний аналіз (SSA), з використанням ПЗ CaterpillarSSA. Крім того, використано метод відносних величин та кластерного аналізу часових рядів з використанням ПЗ RStudio.

Основними результатами кваліфікаційної роботи є:

- систематизація теоретичних аспектів, які є необхідними для аналізу розвитку та імплементації технологій автоматизації в Україні;
- формування набору статистичних показників, що відображає розвиток та впровадження технологій автоматизації в Україні;
- адаптація методології побудови міжнародного індексу до оцінювання готовності регіонів України до автоматизації;
- прогнозування динаміки ринку технологій автоматизації в Україні.

Ключові слова: аналіз, автоматизація, штучний інтелект, інновації, промислові роботи, механізми, індекс.

ANNOTATION

The qualification work of master's student Denys Yuriiovych Solodovnikov on the topic “Analytical study of the development and implementation of automation technologies in Ukraine” consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references and appendices. The total volume of the qualification work is 103 pages, of which 95 pages are the main text. The work contains 22 tables, 20 figures, 7 formulas, 6 appendixes. The list of references includes 75 items on 9 pages.

The purpose of the work is to substantiate the theoretical and methodological foundations of an analytical study of the current state of implementation of automation technologies in Ukraine.

The object of the study is to investigate the development and implementation of automation technologies in Ukraine.

The subject of the study is the theoretical assessment and statistical tools for analyzing the market of automation technologies in Ukraine.

Research methods. The study used tabular and graphical methods to display the results of calculations. Multivariate methods of statistical analysis, such as regression analysis and singular spectral analysis (SSA), were applied using CaterpillarSSA software. In addition, the method of relative values and cluster analysis of time series using RStudio software was used.

The main results of the qualification work are:

- research of theoretical aspects necessary for analyzing the development and implementation of automation technologies in Ukraine;
- formation of a set of statistical indicators reflecting the development and implementation of automation technologies in Ukraine;
- adaptation of the index construction methodology to assess the readiness of Ukrainian regions for automation;
- forecasting the dynamics of the automation technology market in Ukraine.

Keywords: analysis, automation, artificial intelligence, innovation, industrial robots, mechanisms, index.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОГО ВИВЧЕННЯ РОЗВИТКУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ	8
1.1. Сутність та розвиток технологій автоматизації	8
1.2. Визначення товарної групи “промислові роботи” та система метаданих для їх аналізу	16
1.3. Виклики та можливості інтелектуальної автоматизації	25
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ГОТОВНОСТІ КРАЇН СВІТУ ТА РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ	35
2.1. Ранжування країн світу за рівнем готовності до автоматизації	35
2.2. Адаптація методології побудови індексу до визначення готовності до автоматизації регіонів України	46
Висновки до розділу 2	57
РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	58
3.1. Інтерполяція та виявлення аномальних даних часових рядів імпорту в Україну промислових роботів за допомогою RStudio	58
3.2. Аналіз сезонності та тенденцій імпорту в Україну та країни світу товару “промислові роботи”	72
3.3. Застосування сингулярного спектрального аналізу для прогнозування динаміки розвитку та впровадження в Україні технологій автоматизації	81
Висновки до розділу 3	89
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96
ДОДАТКИ	104

ВСТУП

Актуальність роботи. Є небагато тем, які викликають стільки тривоги в суспільствах, як автоматизація. Це може здатися дивним, враховуючи, що технології автоматизації вже давно присутні на підприємствах і в офісах практично в усіх країнах світу.

Поява високоінтелектуальних технологій, таких як робототехніка та технології, засновані на різних формах штучного інтелекту (ШІ), які здатні виконувати більше, ніж просто конвеєрні типи завдань, додала новий вимір до дискусій про майбутнє автоматизації, а саме перспектива того, що велика кількість ролей, які сьогодні виконують люди з білими чи синіми комірцями, буде усунена машинами [27]. Керівники бізнесу не виявляють особливого страху. Такі занепокоєння, які вони мають щодо цих технологій, радше пов'язані з тим, що їх захопить зрив ринку. Таким чином, багато хто поспішає вперед, щоб інтегрувати штучний інтелект (ШІ) або передову робототехніку у свою діяльність. Цей темп прискориться в наступні кілька років, і фактичний вплив на економіку та робочу силу тоді почне ставати більш очевидним.

Щоб уникнути вакууму, країнам потрібно буде запровадити політику та плани, щоб допомогти окремим особам (і певною мірою підприємствам) максимально використати можливості, які пропонують ці технології. Політика також буде необхідною для пом'якшення негативних наслідків у результаті витіснення деяких категорій працівників зі своїх звичних ролей. В обох випадках це питання політики та стратегії, які допомагають робочій силі здійснити перехід до більш автоматизованої економіки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні активно розвивається сфера наукових досліджень, спрямованих на вивчення впровадження технологій автоматизації та штучного інтелекту. Велика кількість вітчизняних дослідників зосереджена на розробці та вдосконаленні механізмів, що сприяють розвитку цих інноваційних напрямків. За останні роки виявляється значний інтерес до

знаходження шляхів вирішення ключових проблем, що виникають під час впровадження таких технологій в наше суспільство.

Цілеспрямована робота вчених направлена на ефективне вирішення викликів, пов'язаних з автоматизацією та штучним інтелектом, і зосереджена на подоланні негативних аспектів цих технологій чи, принаймні, на зменшенні їхнього впливу на соціальний та економічний ландшафт країни. У цьому контексті важливо відзначити внесок видатних дослідників, таких як Л. Ю. Демків [63], М. В. Карчевський [13], С. В. Кубинська [63], В. В. Пасічник [60], Ю. М. Щербина [63], Р. О. Стефанчук [31], Д. Д. Позова [21], О. Ю. Берко [63], Т. В. Шестакевич [63], які активно долучаються до вирішення цих актуальних питань. Стійке зацікавлення цих науковців свідчить про високий рівень інтересу та відповідальності у вирішенні проблем, пов'язаних із використанням сучасних технологій.

Об'єктом дослідження є впровадження в Україні технологій автоматизації.

Предметом дослідження є теоретичні засади та статистичні інструменти аналітичної оцінки ринку промислових роботів в Україні.

Метою роботи є обґрунтування теоретико-методичних засад аналітичного дослідження сучасного стану впровадження технологій автоматизації в Україні.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

- дослідити теоретичні аспекти, які є необхідними для аналізу розвитку та імплементації технологій автоматизації в Україні;
- ранжування країн світу за рівнем готовності до автоматизації;
- адаптувати методологію побудови міжнародного індексу до оцінювання готовності регіонів України до автоматизації;
- інтерполювати відсутні та виявити аномальні значення часових рядів імпорту в Україну промислових роботів;
- проаналізувати сезонність та тенденції імпорту в Україну та країни світу товару “промислові роботи”;

– здійснити прогнозування динаміки складових ринку технологій автоматизації в Україні.

Під час проведення дослідження використано табличний та графічний методи для відображення результатів розрахунків, метод середніх та відносних величин для аналізу сезонності. Застосовані багатовимірні методи статистичного аналізу, такі як регресійний аналіз, кластерний аналіз часових рядів та сингулярний спектральний аналіз (SSA) з використанням програмного забезпечення “CaterpillarSSA”.

Апробація результатів дослідження. Результати наукової роботи пройшли апробацію на IX міжнародній науково-практичній конференції: “Science And Innovation of Modern World” 18–20.05.2023 року, Лондон, Великобританія [27].

Публікації. Основні результати проведених досліджень опубліковані в 2 наукових працях, у тому числі: 1 стаття у науковому фаховому виданні України [33] та 1 публікація за матеріалами конференції [27].

Структура і обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Основний обсяг роботи складає 95 сторінок друкованого тексту. Список використаних джерел нараховує 75 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОГО ВИВЧЕННЯ РОЗВИТКУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Сутність та розвиток технологій автоматизації

Розвиток технологій автоматизації та виникнення роботів і штучного інтелекту складала значну частину історії людства протягом століть, розпочинаючи з ранніх машин і концепцій.

Міжнародне товариство автоматизації яке офіційно народилося як Інструментальне товариство Америки 28 квітня 1945 року в Піттсбурзі, штат Пенсильванія, США, дає наступні визначення автоматизації [51]:

“Автоматизація – це “техніка приведення пристрою, процесу або системи в автоматичний режим”[51].

Автоматизація визначається як “створення і застосування технології для моніторингу та контролю виробництва і доставки продуктів і послуг”.

Автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів з розроблення нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин. Головний напрямок автоматизації – створення високопродуктивних технологічних процесів [34].

Однією з перших відомих автоматизованих машин був водяний годинник, що з’явився ще в Стародавній Греції і використовувався для вимірювання часу. Пізніше, під час промислової революції, були розроблені машини для автоматизації ручної праці на фабриках, що призвело до підвищення ефективності та продуктивності.

Створення роботів, таких як ми їх знаємо сьогодні, почалося в середині 20-го століття. У 1954 році Джордж Девол створив першого промислового робота

під назвою Unimate. Він використовувався переважно в виробництві і допоміг підвищити продуктивність в автомобільній промисловості [44].

Термін “робот” був введений письменником-фантастом Айзеком Азімовим, який також багато писав про концепцію робототехнічної етики та “Три закони робототехніки” [38].

Три закони робототехніки Азімова – це набір рекомендацій, яких роботи повинні дотримуватися, щоб запобігти завданню шкоди людині (рис.1.1).

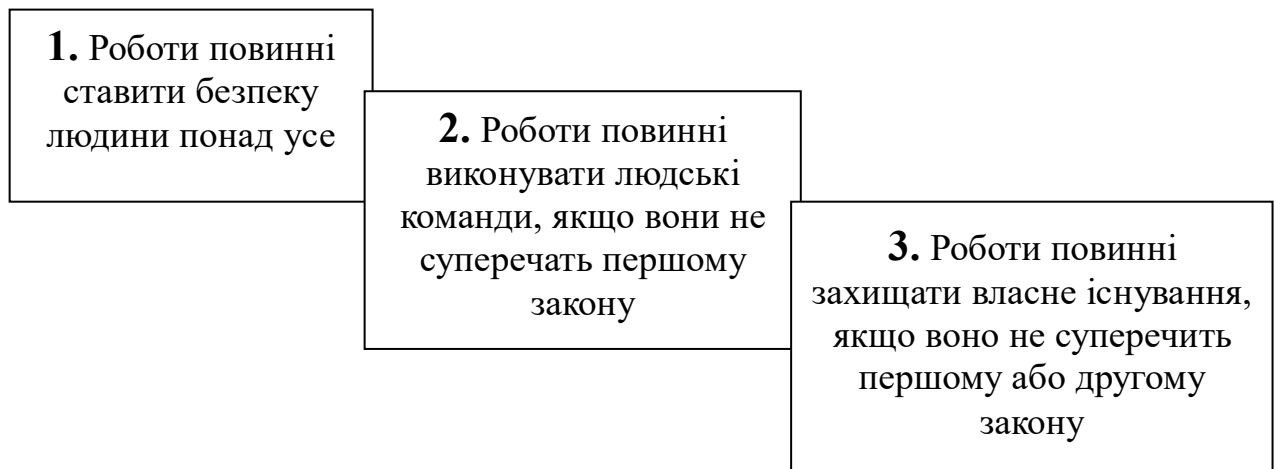


Рисунок 1.1 – Три закони робототехніки Азімова

Джерело: побудовано за [38].

Закони стверджують, що роботи повинні ставити безпеку людини понад усе, виконувати людські команди, якщо вони не суперечать першому закону, і захищати власне існування, якщо воно не суперечить першому або другому закону.

Перша програма зі штучним інтелектом була розроблена в 1951 році Крістофером Стречі, який створив програму гри в шашки для комп'ютера Ferranti Mark I. Однак справжній розквіт дослідження ШІ наступив лише в 1960-х і 1970-х роках, коли з'явилися нові алгоритми і технології, такі як машинне навчання [67].

Академічне визнання ШІ отримало на Дартмутській конференції 1956 року, де дослідники зібралися, щоб обговорити потенціал ШІ та шляхи його

розвитку. Ця конференція часто розглядається як народження ШІ як галузі досліджень [41].

У 1960-х, 70-х і 80-х роках дослідження ШІ продовжували розвиватися, з новими проривами, такими як експертні системи та розробка мови програмування Lisp, яка широко використовується в дослідженнях ШІ. Однак ця сфера також зазнавала невдач, таких як “зима ШІ” 1980-х років, коли фінансування досліджень ШІ припинилося через відсутність прогресу [48].

У 1990-х роках ШІ та програмне забезпечення для автоматизації почали знаходити більш практичне застосування, наприклад, чат-боти для обслуговування клієнтів і програмне забезпечення для розпізнавання мови. Поява інтернету також призвела до розвитку пошукових систем і систем рекомендацій, які значною мірою покладалися на алгоритми штучного інтелекту.

Початок нового тисячоліття приніс подальший прогрес у галузі штучного інтелекту та автоматизації завдяки розробці алгоритмів машинного навчання та зростанню обсягів великих даних. Це призвело до створення безпілотних автомобілів, віртуальних помічників і персоналізованих рекомендацій на веб-сайтах і в соціальних мережах.

Сьогодні автоматизація та штучний інтелект широко застосовуються у нашому повсякденному житті: від алгоритмів, які працюють у пошукових системах і стрічках соціальних мереж, до роботів, які працюють поруч з нами на заводах і складах.

Майбутнє автоматизації, ймовірно, буде пов'язане з ще більшою інтеграцією зі штучним інтелектом, з розвитком передової робототехніки, автономних транспортних засобів та інтелектуальних систем, які можуть адаптуватися і навчатися самостійно. Хоча потенційні переваги автоматизації очевидні, існують також занепокоєння щодо впливу на робочі місця та економіку, тому суспільству важливо ретельно продумати, як використати цю технологію з максимальною користю.

Автоматизація на роботах – це сьогодення та майбутнє всіх аспектів функціонування організації. Відповідно, організації почали навчати свій

персонал роботі з інтелектуальними засобами автоматизації таким чином, щоб вони ідеально доповнювали один одного.

Технологія автоматизації, що використовується в промисловості, еволюціонувала від конвеєрних стрічок, які використовувалися з кінця 19-го століття для переміщення вугілля, руди та іншої сировини, до автоматизованих систем обробки матеріалів (АСОМ), які забезпечують різні типи переміщення і функціональності, до промислових роботів – роботизованих рук – представлених в середині 20-го століття, які продовжують зростати у використанні в обробній промисловості, оскільки ціна АСОМ знижується, а вдосконалені кінцеві частини маніпуляторів і датчики розширюють свої функціональні можливості та інтелект. Автоматизовані керовані транспортні засоби (АКТЗ) – це категорія автоматизації, яка з’явилася в середині 20-го століття (рис 1.2).

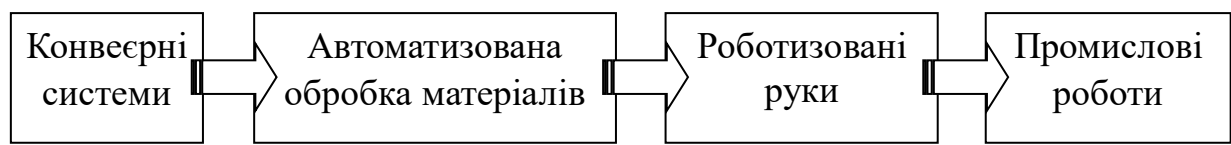


Рисунок 1.2 – Еволюція технологій автоматизації, що використовується в промисловості

Джерело: узагальнено автором за [48, 67].

Конвеєрні системи є стандартним обладнанням на виробництві для виконання різноманітних операцій: збирання, дозування, складання, укладання на піддони та переміщення продуктів або матеріалів, які неможливо підняти. Існують десятки типів конвеєрів, назви яких вказують на їх призначення: гравітаційні, підйомні, накопичувальні, ковшові, ланцюгові, спіральні та вертикальні, і це лише деякі з них.

Два найпоширеніші типи конвеєрів – роликові, що використовуються для переміщення важких вантажів, де потрібна менша точність, і стрічкові, які найкраще підходять для переміщення дрібних об’єктів або об’єктів неправильної форми, що вимагають точного розташування.

Автоматизована обробка матеріалів (АОМ) – це ширша категорія автоматизації, в якій автоматизовані системи використовуються для дозування, завантаження машин, обробки матеріалів, комплектації замовлень, пакування та багатьох інших застосувань. Системи АОМ є швидшими, гнучкішими і точнішими, ніж люди. Вони також менш схильні до нещасних випадків через неправильне поводження. Досягнення в галузі зондування, машинного навчання (МН), штучного інтелекту (ШІ) і технологій радіочастотної ідентифікації (ТРІ) сьогодні дозволяють повністю автоматизувати все більше завдань з обробки вантажів.

Мабуть, найцікавішою категорією автоматизації на виробництві є роботизовані руки. Термін “робот” походить від чеського слова “robota”, що зазвичай перекладається як “примусова праця”. Роботизовані руки використовуються для зварювальних робіт в автомобілебудуванні вже понад 50 років, і ця галузь досі залишається найбільшим користувачем роботів. Трохи менше третини всіх роботів припадає на автомобільну промисловість. Сьогодні спектр завдань, які виконують роботизовані руки, значно розширився, оскільки їхня гнучкість продовжує зростати завдяки технологічному прогресу. Крім підйому важких предметів, вони також все частіше використовуються в мікрохірургії, допомагаючи хірургам виконувати дуже делікатні операції з високим ступенем точності.

Типова рука промислового робота включає в себе ряд суглобів, шарнірів і маніпуляторів, які працюють разом, щоб максимально нагадувати рухи і функціональність людської руки. Робота руки полягає в переміщенні кінцевого ефектора з місця на місце – піднімати, класти, знімати або зварювати деталь. Комп’ютер керує роботом, обертаючи окремі крокові двигуни, з’єднані з кожним суглобом; деякі більші руки, що використовуються для підйому важких вантажів, використовують гідравліку або пневматику. Роботизована рука може бути запрограмована на виконання кількох різних операцій або однієї конкретної операції, залежно від потреб виробника.

Роботизовані руки можуть виконувати широкий спектр завдань залежно від інструментів, які прикріплені до кінця руки, а останні технологічні досягнення значно розширили різноманітність доступних інструментів на кінці руки. Крім того, до маніпуляторів роботів можуть бути прикріплені різноманітні датчики, які передають докладні дані та інформацію про робоче середовище в центр управління, щоб керувати його рухами і діяльністю.

Промисловий робот – це автоматична машина, яка має програмне керування і може відтворювати рухові та когнітивні функції людини під час виконання виробничих процесів. Це також категорія машин, призначених для обслуговування технологічних процесів та автоматизації транспортних операцій.

Промислові роботи виступають як ключові компоненти в автоматизованих гнучких виробничих системах (ГВС), що призначені для підвищення продуктивності праці. Зазвичай їх використовують для виконання операцій, таких як зварювання, фарбування, складання, вибірка та встановлення, пакування, контроль якості продукції та випробування. Роботи забезпечують високу надійність, швидкість і точність у виконанні цих завдань.

Глобальний прогрес у розвитку робототехніки в окремих країнах світу досить непропорційний. Таким чином, кілька країн, таких як Китай, США, Південна Корея та Японія, використовують більше половини світового запасу роботів. Багаті та розвинені країни автоматизують свою промисловість, залишаючи бідні країни наздоганяти. Ця нерівність робить малозабезпечених вразливими до найгіршого впливу катастроф, що вказує на зміну клімату. Нерівність є основною рушійною силою шкоди навколишньому середовищу, і вона прямо чи опосередковано спричинена різким зростанням автоматизації та робототехніки в найбагатших країнах. Скоротити розрив у рівнях автоматизації дозволяє впровадження інновацій.

Інновації – новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого

характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери [10].

На рис.1.3 представлено значення Глобального індексу інновацій за країнами світу у 2023 році.

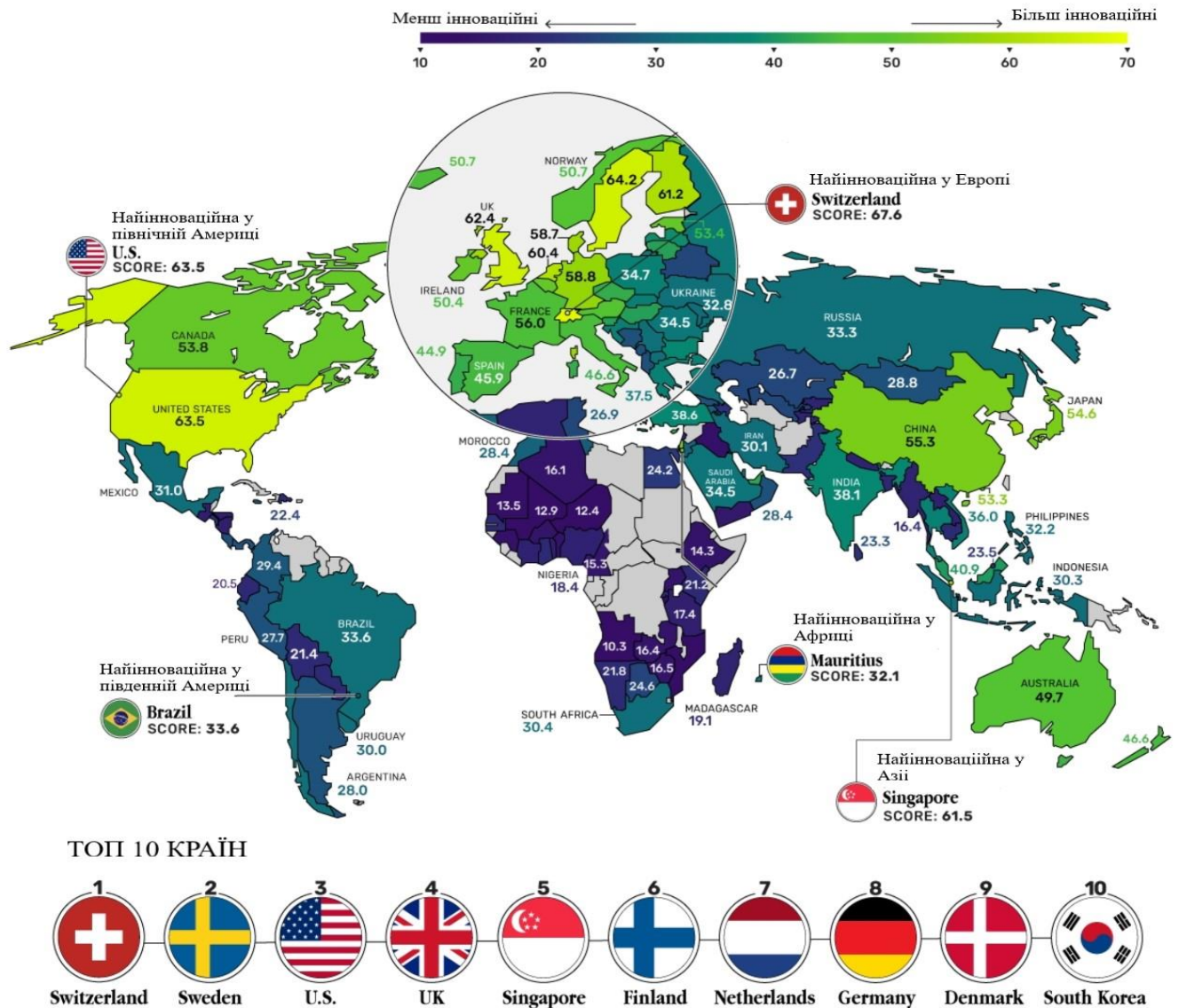


Рисунок 1.3 – Глобальний індекс інновацій у 2023 році

Джерело: узагальнено за даними Visual Capitalist [36].

Індекс побудовано за 80 показниками, які охоплюють 7 сфер:

– знання та технологічні результати: патентні заявки, високотехнологічне виробництво;

- людський капітал та дослідження: кількість дослідників на мільйон населення, глобальні корпоративні інвестори в дослідження та розробки;
- складність бізнесу: наукомісткі робочі місця, співпраця між університетами та промисловістю в галузі досліджень і розробок;
- розвиненість ринку: фінансування стартапів, залучення венчурного капіталу;
- креативні результати: заявки на торговельні марки, глобальна вартість бренду;
- інфраструктура: екологічні показники, доступ до інформаційно-комунікаційних технологій;
- інституції: якість регулювання, політика ведення бізнесу.

13-й рік поспіль Швейцарія посідає перше місце в глобальному індексі інновацій 2023. Вона є світовим лідером за результатами інноваційної діяльності, посідаючи перше місце як за результатами у сфері знань і технологій, так і за результатами у сфері креативності.

Швеція випередила Сполучені Штати Америки (США) і піднялася на другу позицію. Швеція лідирує у сферах розвитку бізнесу (1-е місце), інфраструктури (2-е місце) та людського капіталу і досліджень (3-є місце). Вона посідає перші позиції за кількістю дослідників (1-е місце) та за рівнем зайнятості в наукомістких галузях (3-є місце).

Сполучені Штати продовжують очолювати турнірну таблицю найкращих у світі показників за 13 з 80 інноваційних індикаторів глобальному індексі інновацій 2023.

Україна у цьому індексі отримала 32,8 бали та займає 55-те місце у рейтингу країн за глобальним інноваційним індексом. Знання та технологічні результати: 100 місце. Людський капітал та дослідження: 47 місце. Складність бізнесу: 77 місце. Розвиненість ринку: 104 місце. Креативні результати: 48 місце. Інфраструктура: 45 місце. Інституції: 37 місце [43].

1.2. Визначення товарної групи “промислові роботи” та система метаданих для їх аналізу

Кількість промислових роботів-маніпуляторів, які використовуються у виробничому середовищі, постійно зростає, і це підкреслило потребу в стандартному форматі специфікації та представлення характеристик роботів.

Для пошуку стандартів з робототехніки звернемось до Міжнародної організації зі стандартизації (International Organization for Standardization – ISO [50]. Стандарти ISO охоплюють різні сфери, такі як управління якістю, екологічна безпека, енергетичний менеджмент, робототехніка та інші. Міжнародна організація зі стандартизації приділяє багато уваги розробленню стандартів, які стосуються промислових роботів. Основні міжнародні стандарти, які описують промислових роботів наведені у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Метадані для аналітичного дослідження робототехніки. Міжнародні стандарти.

Стандарт	Сфера		Опис	
ISO 9946:1 999 [56]	Robotics	Робототехніка	Manipulating industrial robots – Presentation of characteristics	Промислові роботи маніпулятори – Презентація характеристик
ISO 9409 [55]	Industrial robots. Manipulators	Промислові роботи маніпулятори	Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces	Промислові роботи маніпулятори – Механічні інтерфейси
ISO/TR 20218-1:2018. [57]	Robotics	Робототехніка	Safety design for industrial robot systems	Безпечний дизайн для систем промислових роботів
ISO 10218 [53]	Robots and robotic devices	Роботи і робото-технічні прилади	Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots	Роботи та роботизовані пристрої. Вимоги безпеки для промислових роботів
ISO 11593 [54]	Manufacturing engineering	Виробниче машино-будування	Robots for industrial environments – Automatic end effector exchange systems	Роботи для промислових середовищ – Автоматичні системи заміни кінцевих ефекторів

Джерело: узагальнено автором за [56,55,57,53,54].

Завдяки розробці стандартів Міжнародна організація зі стандартизації гарантує, що продукти та послуги є безпечними, надійними та високоякісними, а виробничі процеси оптимізовані для використання ресурсів з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище. Метою міжнародних стандартів є допомога користувачам і виробникам у розумінні та порівнянні різних типів роботів.

У стандарті ISO 8373:2021 представлено таке визначення промислових роботів [59]:

“Промисловий робот – автоматично керований, перепрограмований багатоцільовий маніпулятор, що програмується за трьома або більше осями, який може бути закріплений на місці або прикріплений до мобільної платформи для використання в системах автоматизації в промисловому середовищі”.

Промисловий робот включає [59]:

- маніпулятор, включаючи приводи робота, керовані контролером робота;
- контролер робота;
- засоби для навчання та/або програмування робота, включаючи будь-який комунікаційний інтерфейс (апаратне та програмне забезпечення).

Більшість стандартів ISO є використовуваними у багатьох країнах світу, включаючи Україну. Національна версія цих стандартів українською мовою називається ДСТУ.

Державні стандарти України (ДСТУ) – це нормативні документи, які створені відповідно до чинного законодавства України. Вони встановлюють загальні правила, принципи або характеристики для широкого та повторного використання, пов’язані з діяльністю чи її результатами, з метою досягнення оптимальної системи упорядкування. Ці стандарти розробляються на основі консенсусу та отримують затвердження відповідальним органом. Стандарти ДСТУ існують з 1993 року [6].

За ДСТУ 2879-94: Промисловий робот – автоматична машина, стаціонарна чи пересувна, з виконавчим пристроєм у вигляді маніпулятора, який має декілька

ступенів рухомості, і перепрограмуванням пристроєм програмного керування для виконання у виробничому процесі рухових і керувальних функцій [9].

Промислові роботи включають будь-які допоміжні осі, які інтегровані в кінематичне рішення.

Промислові роботи включають маніпуляційну частину (частини) мобільних роботів, де мобільний робот складається з мобільної платформи з інтегрованим маніпулятором або роботом.

Промислові роботи – це роботизовані пристрої (руки), які можуть рухатися в кількох напрямках і можуть бути запрограмовані для виконання багатьох різних типів завдань у різних середовищах. Ці промислові роботи можуть працювати:

- у камерах високого тиску та вакуумних камерах;
- у чистих робочих приміщеннях і в надзвичайно брудних приміщеннях;
- у небезпечних зонах, де існує загроза вибухів, інфекцій, радіації чи інших екстремальних небезпек, що є небезпечними для людей.

Роботизовані пристрої можуть бути оснащені будь-яким типом інструменту. Ці інструменти використовуються з точністю, швидкістю та повторюваністю, які не можуть зрівнятися з людьми. Роботизовані пристрої можуть бути оснащені спеціальними захватами для роботи з делікатними та крихкими предметами, тоді як інші роботизовані руки можуть мати захвати, які можуть захоплювати та піднімати вантажі вагою кілька тон.

Ці роботизовані руки можуть мати безліч датчиків і систем зору, здатних переглядати зображення, щоб допомогти з їх комп'ютерним керуванням. Цей датчик і зоровий зворотний зв'язок можна використовувати зі штучним інтелектом для прийняття рішень щодо поведінки роботизованої руки.

Промислові роботи та автоматизація є важливою частиною виробництва більшості продуктів, які виробляються в сучасному світі.

Основні компоненти промислових роботів, тобто чотири основні частини промислового робота – це маніпулятор, контролер, пристрій інтерфейсу людини та джерело живлення.

Маніпулятор є рукою і може рухатися в різних напрямках. На промислових роботах сила може надходити від електродвигунів, тиску повітря в пневматичних циліндрах або тиску рідини в гідравлічних циліндрах.

Рука має контролер, який є “мозком” системи. Контролер зберігає код програмування та отримує сигнали від системи (вхід), обробляє сигнали, а потім надсилає сигнали в систему (вихід) для керування роботом. Один тип введення може надходити від пристрою людського інтерфейсу, такого як навчальний кулон. Ці пристрої можна використовувати для програмування руки та керування її рухом. Останнім компонентом є джерело живлення, звідки промисловий робот отримує енергію для свого контролера та приводів. Зазвичай це електрична енергія.

Для збирання та аналізу статистичних даних про зовнішню торгівлю промисловими роботами в Україні необхідно використовувати Український класифікатор товарів зовнішньоекономічної діяльності (УКТ ЗЕД). УКТ ЗЕД це систематизований перелік товарів, що складається на основі Гармонізованої системи опису та кодування товарів та затверджується законом про Митний тариф України [22]. УКТЗЕД складається з кодів товарів та відповідних їм найменувань. Коди в УКТЗЕД групуються в товарні позиції, позиції об’єднуються в групи, а групи входять до розділів. Для визначення кодів товарів діють положення Основних правил інтерпретації УКТЗЕД, а також примітки до розділів, груп, позицій, підпозицій, категорій та підкатегорій. Важливо відзначити, що назви розділів та груп в УКТЗЕД не мають юридичної сили. Загалом в УКТЗЕД існує 21 розділ і 97 груп, які позначені римськими та арабськими цифрами відповідно. Необхідно відзначити, що 77 група в УКТЗЕД є недеталізованою і не містить товарних кодів; ця група залишається зарезервованою для можливого використання у майбутньому. Інші 96 груп товарів в УКТЗЕД деталізовані на рівні товарних позицій, які позначаються чотирьохзначними арабськими кодами. Товарні позиції, у свою чергу, розглядаються більш деталізовано на рівні товарних підпозицій, що представлені

шестицифровими кодами. Товарні підпозиції в УКТЗЕД поділені на категорії з восьмицифровими кодами, а товарні підкатегорії мають десятицифрові коди.[25].

За допомогою пошукового інструмента УКТЗЕД за обраними товарами [32] шукаємо необхідний для подальшого збору статистичної інформації код потрібного нам товару, а саме – промислові роботи (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2 “Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені: промислові роботи, в іншому місці не зазначені” Українська класифікація товарів ЗЕД 2022 р.

КОД за УКТЗЕД	ОПИС
Розділ XVI (84-85)	Машини, обладнання та механізми; електротехнічне обладнання; їх частини; звукозаписувальна та звуковідтворювальна апаратура, апаратура для запису або відтворення телевізійного зображення і звуку, їх частини та приладдя
Група 84	Реактори ядерні, котли, машини, обладнання і механічні пристрої; їх частини
8479	Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені:
- 8479 50 00 00	промислові роботи, в іншому місці не зазначені

Джерело: складено автором за допомогою інструмента пошуку кодів УКТЗЕД [22, 32].

Українська класифікація товарів зовнішньоекономічної діяльності (УКТЗЕД) є частиною товарної номенклатури Митного тарифу України і використовується в різних нормативно-правових актах країни. Зокрема, її застосовують у Податковому кодексі України, законах, постановах Кабінету Міністрів України, відомчих наказах та інших документах [22].

УКТЗЕД використовується в Україні не лише для митного оформлення та стягнення мита. Наприклад, його використовують для збору статистичних даних щодо зовнішньої торгівлі, митного оформлення товарів з обмеженнями на імпорту та експорт, оподаткування підакцизних товарів та товарів із зниженими ставками ПДВ. Також він використовується для визначення правил походження товарів.

УКТЗЕД базується на Гармонізованій системі всесвітньої митної організації (World Customs Organization, WCO), що дозволяє полегшувати

міжнародні торговельні переговори та вирішувати торговельні спори. Використання цієї системи також полегшує збір, порівняння і аналіз даних торговельної статистики. Це призводить до економії ресурсів, оскільки уникнення перекласифікації товарів при перетинанні кордону або переході між видами економічної діяльності сприяє стандартизації торговельної документації і даних.

Важливо відзначити, що окремі заходи, які впливають на імпорт або експорт, не обов'язково ґрунтуються на митній номенклатурі. Наприклад, для товарів, що входять до переліків подвійного призначення, застосовуються інші методи класифікації, і коди УКТЗЕД у цьому випадку є довідковими.

Також не можна оминати проблему юридичного регулювання і стандартизації штучного інтелекту (ШІ), перші дослідження щодо юридичних аспектів штучного інтелекту виникли у 70–80-х роках ХХ століття та були представлені в дисертації Енн Гарднер. У 1987 році відбулась перша Міжнародна конференція, присвячена проблемам штучного інтелекту, яка визначила створення Міжнародної асоціації штучного інтелекту і права у 1991 році. Ця організація опублікувала своє перше дослідження на тему “Штучний інтелект та право” у 1992 році[40].

У своїй роботі І. М. Городиський аналізує Резолюцію 2015/2103(Іnl) стосовно цивільно-правового регулювання робототехніки з рекомендаціями для Європейської комісії [5]. Ця резолюція була ухвалена Європейським Парламентом 16 лютого 2017 року і, незважаючи на свій рекомендаційний характер, визначила основи для розуміння робототехніки та штучного інтелекту, стаючи основою для введення наступних міжнародних стандартів. Резолюція передбачила введення цивільно-правової відповідальності за завдану робототехнікою та штучним інтелектом шкоду на агентів, тобто на фізичних осіб, які використовують такі технології [23].

Експерти зі штучного інтелекту, журналісти, політики та громадськість дедалі частіше обговорюють широкий спектр важливих і нагальних ризиків, пов'язаних зі штучним інтелектом. Незважаючи на це, може бути важко

висловити занепокоєння з приводу деяких найбільш серйозних ризиків, пов'язаних зі штучним інтелектом. Стисла заява, наведена нижче, має на меті подолати цю перешкоду і відкрити дискусію. Вона також має на меті поінформувати про зростаючу кількість експертів і громадських діячів, які також серйозно ставляться до деяких найсерйозніших ризиків, пов'язаних зі штучним інтелектом.

“Зменшення ризику вимирання через ШІ має стати глобальним пріоритетом поряд з іншими ризиками суспільного масштабу, такими як пандемії та ядерна війна”, – таке твердження міститься в спільному листі, підписаним понад 350 експертами, який був оприлюднений Центром безпеки штучного інтелекту (CAIS), некомерційною організацією. Поміж підписантів фігурують керівники компаній DeepMind і Anthropic, а також вищі посадовці в Microsoft і Google. Також до числа підписантів входять Джеффрі Хінтон і Йошуа Бенгіо, два з трьох “батьків” штучного інтелекту, які отримали Премію Тьюрінга 2018 року за свої внески в область глибокого навчання, а також вчені з різних установ, включаючи Гарвард і китайський Університет Цінхуа [40].

Катастрофічні ризики, пов'язані зі штучним інтелектом, можна згрупувати за чотирма ключовими категоріями, які наведено нижче.

Зловмисне використання: люди можуть навмисно використовувати потужні ШІ для завдання масштабної шкоди. ШІ може бути використаний для створення нових пандемій, пропаганди, цензури та стеження, а також для автономного переслідування шкідливих цілей. Щоб зменшити ці ризики, потрібно покращити біозахист, обмежити доступ до небезпечних моделей ШІ та притягнути розробників ШІ до відповідальності за завдану шкоду.

Поспішність у розробці ШІ: конкуренція може підштовхнути країни та корпорації до поспішної розробки ШІ, що призведе до втрати контролю над цими системами. Конфлікти можуть вийти з-під контролю за допомогою автономної зброї та кібервійни з використанням ШІ. Корпорації будуть зацікавлені в автоматизації людської праці, що потенційно може призвести до масового безробіття і залежності від систем ШІ. Еволюційна динаміка свідчить про те, що

в міру поширення ШІ-систем їх буде все важче контролювати. Потрібно запровадити правила безпеки, міжнародну координацію та громадський контроль над ШІ загального призначення.

Організаційні ризики: існує ризик того, що організації, які розробляють просунуті ШІ, можуть спричинити катастрофічні аварії, особливо якщо вони ставлять прибуток вище за безпеку. ШІ можуть випадково потрапити в публічний доступ або бути викрадені зловмисниками, а організації можуть не інвестувати належним чином у дослідження безпеки. Необхідно розвивати організаційну культуру, орієнтовану на безпеку, впроваджувати ретельний аудит, багаторівневий захист від ризиків та найсучасніші засоби інформаційної безпеки.

Втрата контролю над ШІ: ризик втратити контролю над штучним інтелектом, стає все більш потужним. ШІ може оптимізувати хибні цілі, відхилятися від своїх початкових цілей, прагнути до влади, чинити опір відключенню і вдаватися до обману. Вважається, що ШІ не слід розгортати в умовах підвищеного ризику, наприклад, для автономного досягнення невизначених цілей або нагляду за критично важливою інфраструктурою, якщо не доведено, що це безпечно. Потрібно також продовжувати дослідження безпеки ШІ в таких сферах, як стійкість до супротивників, чесність моделей, прозорість і видалення небажаних можливостей [40].

Щодо України розроблена дорожня карта (рис. 1.4) для регулювання штучного інтелекту в Україні буде важливим кроком для того, щоб українські компанії могли підготуватися до прийняття закону, подібного до AI Act Європейського Союзу. Ця ініціатива також допоможе громадянам навчитися захищати себе від можливих ризиків, пов'язаних із штучним інтелектом.

Запроваджений підхід до регулювання штучного інтелекту сприятиме збільшенню конкурентоспроможності українського бізнесу і відкритє можливості для його участі на світових ринках. Крім того, це сприятиме інтеграції держави з Європейським Союзом. Особливий акцент в цьому підході робиться на захисті прав українців у цифровому просторі.

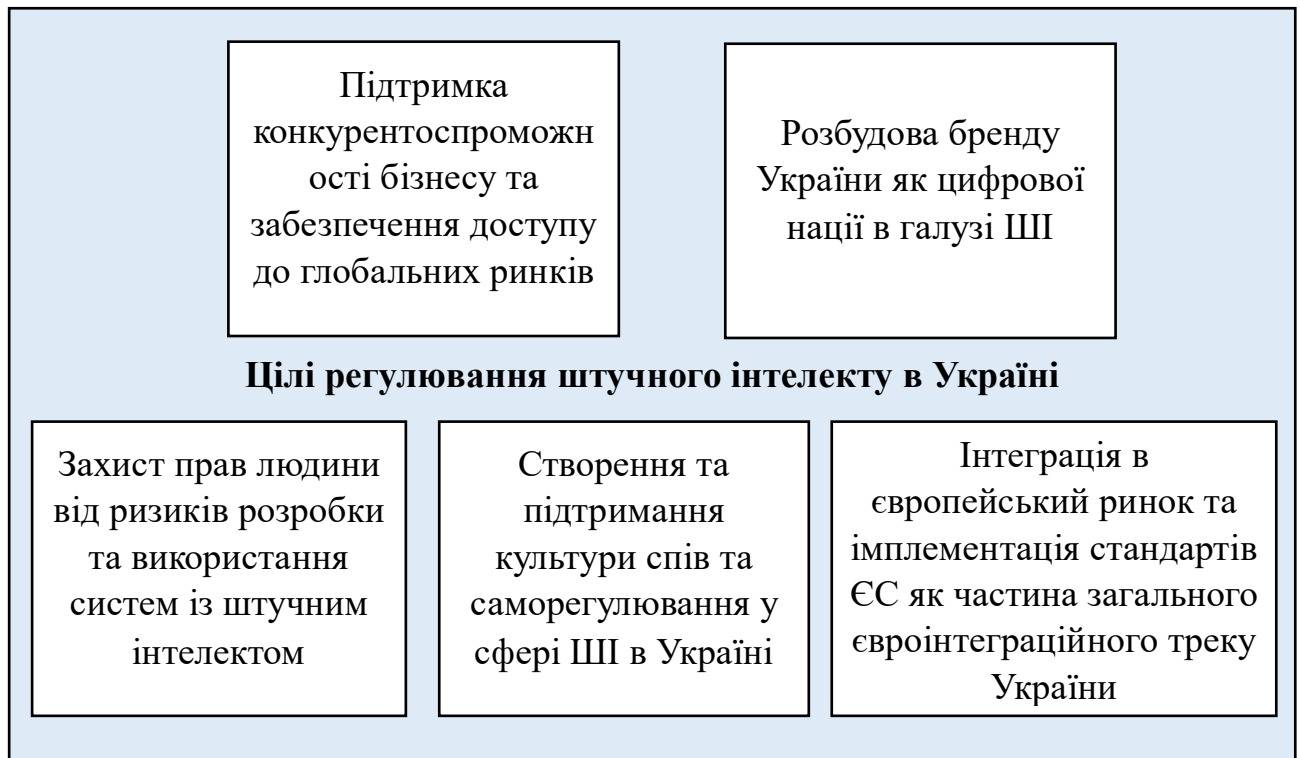


Рисунок 1.4 – Цілі регулювання штучного інтелекту в Україні

Джерело: узагальнено за [8].

З урахуванням того, що розвиток штучного інтелекту швидко набуває обертів, головною метою є створення безпечного середовища, де штучний інтелект служить суспільству, не порушуючи його безпеку.

“Україна має очолити тренд ШІ у світі. Розуміти, що відбувається, швидко реагувати та мати власну стратегію. Неможливо говорити про цифрову державу, якщо ми не формуємо прогресивну політику в напрямі штучного інтелекту та адженду для світу. Вже сьогодні в Україні ШІ активно використовують у різних напрямках. Особливо важливе використання штучного інтелекту у сфері військових технологій. Він допомагає фіксувати переміщення техніки та особового складу окупантів, збивати ворожі ракети, ефективніше наводити БПЛА на цілі тощо. Робота над нормативним полем для ШІ важлива для розвитку країни та дасть нам змогу рухатися швидше в цьому напрямі”, – зазначив Віце-прем’єр-міністр з інновацій, розвитку освіти, науки та технологій – Міністр цифрової трансформації Михайло Федоров [24].

Міжнародна федерація робототехніки [75] відстежує зміни щодо кількості

промислових роботів, встановлених на підприємствах усього світу у 2011–2022 рр. (див. рис. 1.5).

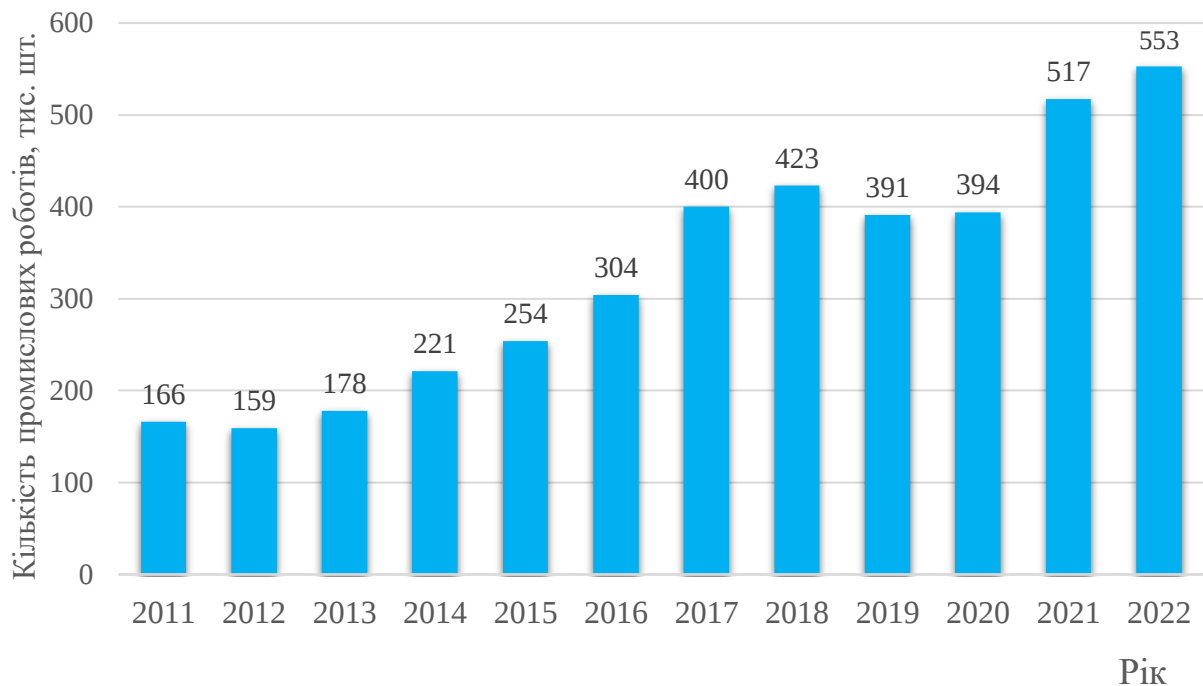


Рисунок 1.5 – Кількість промислових роботів, встановлених на підприємствах усього світу у 2011–2022 р.

Джерело: побудовано автором за даними [75].

Проведений аналіз свідчить про те, що минулий 2022 р. став рекордним за цим показником – у світі було встановлено понад 550 тисяч промислових роботів.

1.3. Виклики та можливості інтелектуальної автоматизації

Переваги використання робототехніки для автоматизації вже добре проаналізовані науковцями. Неможливо оминати проблеми і виклики, пов’язані з автоматизацією, зосередитися на способах, якими технології можуть негативно впливати на наше середовище. Вплив ІІІ на навколишнє середовище також включає екологічні проблеми, спричинені робототехнікою.

На рис. 1.6 представлені основні негативні фактори впливу робототехніки на навколишнє середовище.



Рисунок 1.6 – Основні негативні фактори впливу робототехніки на навколишнє середовище

Джерело: узагальнено за [68].

Ще в 2017 році було встановлено, що промислові та виробничі роботи споживають у середньому понад 21 000 кВт/год на рік. Крім того, використання робототехніки для заміни завдань, які виконує людина, підвищення продуктивності на робочому місці та полегшення співпраці людини та робота є одними з факторів, які з часом збільшують споживання електроенергії.

Приклади автоматизації, яка замінює людей, включають використання роботів для пирососів, підмітальних машин, транспортних засобів доставки та вилкових навантажувачів, тоді як прикладами співпраці людини та машини є персональні роботи-асистенти з емоційним інтелектом, роботи-хірурги для інвазійних операцій у лікарнях. Незважаючи на те, що деякі з цих роботизованих додатків можуть бути економними у споживанні електроенергії, їх невпинне щоденне використання в середньому збільшує середньодобове споживання енергії.

Один із несприятливих впливів ІІІ на навколишнє середовище за іронією долі пов'язаний із тим, як він прискорює виробничий процес, що вважається однією з головних переваг впровадження ІІІ. Швидкість, яку робототехніка привносить у виробництво, безпосередньо підвищує споживання цих товарів

масами. У довгостроковій перспективі збільшення споживання призводить до планового морального старіння та виснаження природних ресурсів.

Заплановане старіння передбачає створення продуктів, які швидко застарівають і потребують заміни. Це не тільки прискорює використання та виснаження ресурсів, але й регулярно накопичує більше відходів.

Виклики та можливості інтелектуальної автоматизації вимагають надійної відповіді на політику, заснованої на залученні багатьох зацікавлених сторін, але поки що бракує обох. Хоча немає згоди щодо ймовірного чистого впливу ІІ та робототехніки на зайнятість, існує консенсус щодо того, що урядам потрібно буде вжити заходів. Підприємства, тим часом, просуваються вперед із впровадженням, а це означає, що у них мало часу для розваг. Відсутність взаємодії між політиками, промисловістю, фахівцями в галузі освіти та іншими зацікавленими сторонами, які повинні інформувати про цю дію, викликає тривогу. Не дивно, що політична реакція на інтелектуальну автоматизацію зароджується навіть у країнах з найвищим рейтингом.

Країни із середнім рівнем доходу знайдуть адаптацію до автоматизації важче, ніж інші. За винятком Китаю, існує великий розрив, що відокремлює країни з високим рівнем доходу від країн із середнім і низьким доходом. Але країни з низьким рівнем доходу та економікою, заснованою на сільському господарстві, менш схильні до ризику, ніж країни із середнім доходом і великою виробничою базою. Тому недоліки в освіті базових навичок, серед інших недоліків, серйозно заважатимуть таким країнам, як Малайзія та Індонезія, які прагнуть використовувати штучний інтелект і робототехніку для наслідування “тигрів” Східної Азії.

Розвинені країни виділяють значне фінансування та іншу підтримку на дослідження ІІ та робототехніки. Більшість видів підтримки, яку уряди надають інноваціям і підприємництву, не залежать від технологій. Фундаментальні дослідження відрізняються: наприклад, уряди Японії та Південної Кореї спрямовують кошти на сотні мільйонів доларів організаціям державного та приватного секторів, які проводять дослідження ІІ та робототехніки.

Німеччина, США та Сінгапур роблять те саме, хоча значна частина німецького фінансування спрямовується у виробничий сектор і підтримує дослідження в інших технологіях, таких як Інтернет речей (IoT) та аналітика даних. Небагато країн почали розглядати вплив автоматизації через освітню політику.

Очікується, що інтелектуальна автоматизація підвищить важливість як освіти, пов'язаної з STEM (наука, технології, інженерія та математика), так і так званих “м'яких” навичок, які дозволяють працівникам монетизувати свої унікальні людські здібності. Проте в усіх країнах, крім тих, які отримали найвищі результати, мало було зроблено для підготовки майбутніх працівників через шкільні програми або, що не менш важливо, підготовку вчителів. У той же час деякі експерти попереджають, що зосередження на навичках м'якого спілкування відволікатиме увагу в країнах, де базова освіта все ще не на належному рівні.

Навчання впродовж життя стає багатою сферою експериментів. Кілька урядів шукають для правильної формули заохочення громадян до добровільного періодичного підвищення кваліфікації. Сінгапур, наприклад, експериментує з фінансуванням “індивідуальних навчальних рахунків”, які дорослі використовують для підтримки навчальних курсів протягом усього свого життя. Федеральне міністерство праці та соціальних справ Німеччини розглядає подібну схему, а також модифіковану форму “страхування зайнятості” для фінансування підвищення кваліфікації протягом усього життя людей.

У більшості країн професійне навчання не відповідає викликам, які ставить інтелектуальна автоматизація. Система професійно-технічної освіти Німеччини довгий час вважалася зразком для інших країн. Її система разом із системою Південної Кореї та Сінгапуру допомагає цим трьом країнам розділити лідерство в категорії політики ринку праці в індексі. Проте експерти, опитані для дослідження, попереджають, що професійне навчання в більшості країн залишається надто зосередженим на низькокваліфікованих професіях, щоб бути корисним для підготовки молодих людей до автоматизованого робочого місця.

Аналітики не дійшли згоди щодо того, як автоматизація вплине на економіку та робочу силу. Наприклад, деякі вважають, що наростаюча хвиля,

заснована на широкомасштабному поширенні ІІІ, машинного навчання та передової робототехніки, не буде більш руйнівною, ніж попередні. Це точка зору Алана Меннінга, професора Лондонської школи економіки: “Кожна нова хвиля поширення технологій має різні наслідки, але я не бачу доказів того, що це буде радикально відрізнятися від того, що було раніше” [68].

Інші вважають, що те, що прийде, буде іншим. “Традиційно технології автоматизували низку завдань, які люди, можливо, не хотіли виконувати або не призначені для людей”, – підкреслює Елізабет Фордхем [68], директор з освіти та навичок ОЕСР. “Але штучний інтелект і робототехніка починають автоматизувати нерутинні завдання вищого порядку, деякі з яких вимагають критичного мислення та креативності”. Для Джулі Хакслі-Джонс, яка очолює відділ автоматизації в GSK, науково-біологічній фірмі, саме прискорена швидкість змін є найбільшою ознакою нової хвилі автоматизації [68].

“Головна різниця з минулим полягає в тому, що сучасні технології автоматизації є дуже інтелектуальними та здатними до навчання”. Лоренцо Фіорамонті, професор політекономії, Університет Преторії [68].

Чистий вплив на зайнятість є ще однією сферою розбіжностей.

Оцінки потенційних втрат робочих місць через автоматизацію коливаються від часто цитованої цифри 47% для США до більш консервативних оцінок на рівні 9% для країн ОЕСР. Пан Меннінг вважає, що чистий вплив робочих місць у сфері штучного інтелекту, робототехніки та інших технологій автоматизації буде нульовим, оскільки будуть створені нові робочі місця, які компенсуватимуть ліквідацію старих. Дж. Бессен, професор економіки Бостонського університету вважає, що така автоматизація цілком може створити більше робочих місць, ніж ліквідувати. “ІІІ та робототехніка, ймовірно, призведуть до створення нового попиту на послуги, яких раніше не існувало”, – стверджує він. “У цьому випадку створення робочих місць принесе користь, можливо, перевищуючи економію праці, яку забезпечують ці технології” [68].

Є дві сфери широкого консенсусу. Одна з них полягає в тому, що технології автоматизації замінюють певні завдання, які виконують працівники, у тій чи іншій

мірі, ніж вони замінять цілі робочі місця. Таким чином, автоматизація вказує на збільшення обсягу роботи, що потенційно може призвести до більшого задоволення від роботи, а також до повного витіснення. Люди продовжуватимуть відігравати певну роль у розробці та експлуатації цих систем, і очікується, що багато видів діяльності й надалі вимагатимуть певних навичок людей. Робота, яку виконують люди, буде постійно перевизначитися, вимагаючи постійного оновлення навичок.

Інший консенсус полягає в тому, що використання можливостей і послаблення навантажень, які інтелектуальна автоматизація створює для економіки, потребує скоординованих зусиль багатьох зацікавлених сторін. Уряди, підприємства, освітяни, профспілки та організації громадянського суспільства відіграють певну роль у розвитку розуміння ймовірних наслідків автоматизації та плануванні ініціатив, які допоможуть адаптуватися суспільству. У багатьох випадках це будуть політики, розроблені та впроваджені урядами. “Уряди повинні мати стратегію автоматизації”, – підкреслює Меннінг [68]. “Я не думаю, що ви можете просто залишити це на волю ринку і вірити, що це забезпечить належний рівень інновацій”. Необхідна політика, щоб допомогти керувати переходами, які підприємства, школи та робоча сила повинні будуть здійснити в сферах інновацій, освіти та розвитку професійних навичок. Для інформування про таку політику має відбуватися значний діалог між урядами та іншими зацікавленими сторонами, більшість із яких, принаймні в розвинених країнах, вивчають використання та наслідки штучного інтелекту та самих робототехніки. На жаль, поки що недостатньо доказів формування політики чи діалогу з багатьма зацікавленими сторонами на цю тему. “Переважає більшість Країн, які входять або не входять до ОЕСР, лише починають думати про планування завдань автоматизації” [62].

Багато експертів шкодують про відсутність діалогу між урядом і промисловістю, а також між різними галузями промисловості щодо проблем автоматизації, а також про брак діалогу між ключовими зацікавленими сторонами, коли мова йде про адаптацію освітніх систем.

У цьому сенсі жодна країна не готова до епохи інтелектуальної автоматизації. Це стосується навіть Німеччини, яка є прапорноносцем у

поширенні стратегій цифрового виробництва Індустрії 4.0, у яких штучний інтелект і робототехніка разом з Інтернетом речей відіграють центральну роль. Те саме можна сказати про країни Східної Азії, де уряди активно підтримують поширення цих технологій у виробництві та інших секторах.

Штучний інтелект активно розгортається а дефіцит робочої сили видається ще більшою проблемою. Деякі компанії не можуть знайти достатньо людей на ринках праці в регіоні для виконання роботи пов'язаної з автоматизацією. Попитом користуються висококваліфіковані технічні спеціалісти (в ІТ хімії та біології). Однак поряд із висококваліфікованими спеціалістами з робототехніки заводи Autoneum у всьому світі також потребують операторів нижчої та середньої кваліфікації. Остання категорія знадобиться у великій кількості принаймні протягом наступних п'яти років щоб “допомогти перетворити наші фізичні активи та стандартизувати наші операційні дані” для потреб цифрового виробництва [73].

Нестача робочої сили є проблемою навіть для Foxconn тайванського виробника електроніки який впровадив понад 40 000 роботів на своїх заводах у Китаї. Дай Чіа-Пен генеральний менеджер компанії з технологій автоматизації повідомляє про труднощі з наймом на багатьох посадах: “Більшість наших виробничих ліній використовують поєднання автоматизованих станцій і ручних операцій для різних етапів процесу і ми очікуємо що так і залишиться. в осяжному майбутньому. Нам потрібні системні програмісти інженери з автоматизації та техніки з обслуговування які працюють на автоматизованих виробничих лініях щоб забезпечити безперебійну роботу” [68].

Найбільша помилка, пов'язана з використанням інтелектуальної автоматизації (ІА), полягає в тому, що її метою є заміна людини. Насправді засоби ІА дають змогу людям зосередитися на критично важливих елементах своєї роботи, які потребують людської майстерності, – як на розв'язанні завдань, які не потребують втручання людини, так і на вдосконаленні процесів, які потребують її втручання. Крім того, оскільки для здійснення нагляду за ІА, а також для навчання і вдосконалення самонавчальних алгоритмів потрібно дедалі більше експертів, створюватиметься дедалі більше робочих місць, пов'язаних з ІА.

Сьогодні, як ніколи раніше, багато організацій усвідомлюють необхідність серйозного переходу на ІА. Война та пандемія COVID-19 стала яскравою подією для багатьох індустрій, оскільки їм довелося швидко перейти до віртуального ділового співробітництва та визначити, як безпрецедентні зміни вплинуть на їхній бізнес і потреби клієнтів. Для організацій є стратегічно важливо підвищити ефективність, скоротити витрати, поліпшити обслуговування клієнтів і мінімізувати ризики. ІА пропонує інноваційні інструменти, які допоможуть їм досягти цих результатів і адаптуватися до мінливих умов. Досягнення, які раніше вважалися науковою фантастикою, стають звичайною справою.

На рисунку 1.7 показано весь спектр технологій ІА – від простої роботизованої автоматизації процесів (РАП) до складного ІІІ. Залежно від вимог організації зазвичай використовується їхнє поєднання.



Рисунок 1.7 – Спектр інтелектуальної автоматизації

Джерело: побудовано автором.

П'ятиступенева діаграма на рис. 1.7, що показує спектр автоматизації від простого до складного (якщо дивитися зліва направо). Ці п'ять етапів включають базову автоматизацію, роботизовану автоматизацію процесів (РАП), розширену автоматизацію процесів, алгоритмічну автоматизацію і штучний інтелект. Крім того, на діаграмі стрілкою від простого до складного (справа наліво) показано такі види автоматизації, як автоматизація завдань, автоматизація процесів і доповнення людини. Автоматизація процесів здатна принести величезну користь підприємствам і організаціям з інформаційно насиченими та великими потоками

даних. Здебільшого це було досягнуто за допомогою РАП, але зросла складність алгоритмів машинного навчання, що збільшила можливість інтеграції класичної РАП зі штучним інтелектом (ШІ). Для того щоб використовувати переваги сучасних технологій, необхідно вирішити ці проблеми. Інтеграція РАП з когнітивними технологіями, як-от машинне навчання, розпізнавання мови та оброблення природної мови, дає змогу підприємствам автоматизувати за допомогою ШІ завдання більш високого порядку, для розв'язання яких у минулому були потрібні навички людського сприйняття і судження.

Висновки до розділу 1

Вирішення проблем і викликів, пов'язаних з автоматизацією, врахування факторів впливу вимагає від країн інвестування в розробку екологічних технологій на основі робототехніки для автоматизації, щоб зменшити споживання ресурсів. Впровадження “зеленої” робототехніки може стати проблемою для бізнесу. Подолати нерівність ще важче, оскільки міжнародні організації та уряди повинні працювати в унісон протягом кількох років, щоб вирішити цю широко поширену проблему. Вирішення таких проблем обіцяє стати відповіддю на багато негативних впливів ШІ на навколишнє середовище.

У довгостроковій перспективі широке впровадження інтелектуальних технологій автоматизації ймовірно матиме глибокий вплив на ринки праці. Навіть ті хто оптимістично оцінює природу постіндустріальної економіки визнають що в ній будуть як перемоги так і програші від передових технологій.

Для досягнення “м'якого” впровадження технологій інтелектуальної автоматизації важливо встановити взаємодію між різними секторами держави. Цей процес передбачає спільну роботу науковців, виробників, законодавців та освітян. Важливим елементом є збалансована взаємодія між різними сторонами для успішного впровадження інтелектуальних технологій. Успіх в цьому напрямку

вимагає відкритого спілкування та обміну інформацією між різними галузями. Співпраця державних органів, наукових установ, підприємств та освітніх інституцій грає ключову роль у цьому процесі. Партнерство з інноваційними підприємствами може допомогти у створенні та вдосконаленні технологій. Розробка імовірних стратегій взаємодії є необхідною для уникнення негативних наслідків впровадження нових технологій. Особливу увагу слід приділити розвитку компетенцій та навичок фахівців, які працюватимуть з новими технологіями.

Законодавчі ініціативи мають сприяти створенню правового середовища для інтеграції інтелектуальних технологій. Лише взаємодія всіх зазначених суб'єктів може забезпечити ефективне і “м'яке” впровадження інтелектуальних автоматизованих рішень.

Країни, які спроможуться встановити ефективну взаємодію між різними галузями, визначатимуть темпи та напрямки четвертої технологічної революції. Успішне взаємодіюче вирішення проблем та завдань цих галузей дозволить країнам вийти на передові позиції у світі. Інтеграція нових технологій у різні сфери економіки і життя стане ключовим фактором конкурентоспроможності на міжнародній арені. Лідерство в четвертій технологічній революції буде залежати від здатності країн до впровадження інновацій у різні сфери. Співпраця між промисловістю, наукою та іншими секторами суспільства буде визначальною для вдалого переходу до нових технологічних реалій. Взаємодія між галузями дозволить забезпечити цілісність та комплексність впровадження інноваційних рішень. Країни-лідери у цій сфері зможуть здійснювати значний вплив на глобальний розвиток технологій та економіку. Успішна взаємодія різних галузей дозволить краще використовувати синергію в сфері наукових досліджень та виробництва. Розвиток і впровадження нових технологій у широкий спектр сфер буде сприяти створенню інноваційної екосистеми. Ключовим фактором успіху стане здатність країн розвивати та впроваджувати високотехнологічні рішення у взаємодії між різними секторами.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ГОТОВНОСТІ КРАЇН СВІТУ ТА РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Ранжування країн світу за рівнем готовності до автоматизації

Оцінюючи наявність політики та стратегії в сферах інновацій, освіти та ринку праці, було виявлено, що сьогодні існує мало ініціатив, які б конкретно стосувалися проблем автоматизації на основі ШІ та робототехніки.

Порівняти країни щодо їх готовності до автоматизації дозволяє Індекс готовності до автоматизації. Звіт “Індекс готовності до автоматизації: Хто готовий до хвилі автоматизації?” був розроблений Economist Intelligence Unit за замовленням компанії ABB. Аналіз, представлений у звіті, ґрунтується на новому оригінальному індексі, розробленому The Economist Intelligence Unit, а також на ряді глибоких інтерв’ю з експертами з різних країн [73].

На думку кількох експертів, жодна країна світу ще не “взяла бика за роги”. Однак невелика кількість країн, включно з Південною Кореєю, Німеччиною та Сінгапуром – лідерами загального індексу – вжили окремих ініціатив у таких сферах, як реформа навчальних програм, навчання впродовж життя, професійне навчання та гнучкість робочого місця.

Economist Intelligence Unit (EIU), працюючи з групою експертів, розробили методичну основу для відповіді на центральне запитання дослідження: “Які країни найкраще підготовлені до майбутньої хвилі автоматизації?”

Початковим кроком у розробці методології був огляд літератури, проведений дослідниками з EIU щодо програмних документів, академічної літератури та інших досліджень з автоматизації та штучного інтелекту (ШІ), спрямований на визначення існуючих структур, показників і джерела даних про вплив автоматизації та політику щодо автоматизації, які можуть бути використані

при розробці цього нового підходу до вимірювання. Пошук охопив понад 50 публікацій за останні п'ять років, які потім були розставлені за актуальністю та згруповані за тематичними напрямками.

Було відібрано найбільші економіки світу (G20), до складу яких входять більшість країн з високим рівнем доходу (десять), країн із доходом вище середнього (сім) і дві країни з рівнем доходу нижче середнього (Індія та Індонезія). У цьому дослідженні EIU зосередилися на великі та розвинуті економіки, оскільки вони більш схильні до змін, викликаних автоматизацією, і, отже, більш імовірно, що вони будуть розвивати інноваційну політику та передовий досвід.

Додаткові країни були обрані після консультації з групою експертів на основі релевантності та географічного положення. Естонія та Сінгапур були обрані на основі їхніх досягнень у цифровізації та потенційних джерел передового досвіду. Крім того, ОАЕ, Колумбія, Малайзія та В'єтнам були обрані для представлення ключових економік, що розвиваються, з Латинської Америки, Південно-Східної Азії та Близького Сходу [68].

Розроблена методика об'єднує 52 показники, більшість з яких (45) є якісними та розроблені спеціально для цього дослідження. Вони згруповані в три складові (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Складові індексу “готовності до автоматизації”

Складові індексу “готовності до автоматизації”	Вага складової, %
Інноваційне середовище	40
Освітня політика	40
Політика ринку праці	20

Джерело: складено автором на основі [68].

Індекс готовності до автоматизації структурований як зведений індекс, і загальні бали для кожної країни отримані шляхом зважування та об'єднання

балів трьох складових та їхніх показників. У свою чергу, оцінки показників розраховуються як середньозважене значення оцінок окремих суб-індексів.

Усі бали представлені за нормалізованою шкалою від 0 до 100 (де 100 є найкращим), що відображає відносну ефективність кожної країни.

Сім кількісних показників індексу базуються на необроблених числових даних ключових глобальних організацій, включаючи Світовий банк [74], ЮНЕСКО [69], ООН [72], Global Entrepreneurship Monitor [45], International Telecommunication Union[52] і Global Innovation Index [43].

Для індексу “готовності до автоматизації” EIU було розроблено загалом 45 якісних показників, для яких раніше було мало або взагалі не було даних для країн, охоплених дослідженням. Ці показники ґрунтуються на стандартизованих оцінках ефективності країни з використанням детальних рекомендацій щодо оцінки та відображаються як бали за цифровою шкалою (від 0 до 2, де 2 є найкращим).

Оцінка політики та ініціатив у кожній країні, включеній у дослідження, базувалася на офіційних і загальнодоступних джерелах і підтверджувалася понад 80 експертними інтерв'ю з місцевими науковцями, аналітичними центрами, політиками, консультантами та підприємцями.

Якісні показники, розроблені EIU щодо політики готовності до автоматизації, ґрунтувалися на оцінці політики та програм, що здійснюються національними урядами. У тих випадках, коли повноваження щодо певного сектора значною мірою передано субнаціональному рівню, наприклад державна освіта у федеративних країнах, було розглянуто ситуацію, яка застосовується в найзаможнішому місті/столичному районі цієї країни, щоб охопити та порівняти найпередовіші практики країн. Обмеження цього підходу полягає в тому, що результати цих показників не завжди можуть відображати ситуацію в країні в цілому.

Значення суб-індексу за складовою “Інноваційне середовище” вказує на оцінку рівня інноваційного розвитку або інноваційної активності в країні чи регіоні в рамках аналізу індексу готовності до автоматизації.

Показники індексу за складовою “Інноваційне середовище” представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Групи показників індексу “готовності до автоматизації” за складовою “Інноваційне середовище”

Групи показників	Вага, %
1.1) Дослідницьке та інноваційне середовище – фінансування дослідницького та інноваційного середовища	10
1.2) Дослідницьке та інноваційне середовище – політика та нормативно-правові акти	10
1.3) Дослідницьке та інноваційне середовище – передача знань	10
1.4) Дослідження та інноваційне середовище – впровадження технологій	10
1.5) Дослідницьке та інноваційне середовище – підтримка стартапів	10
1.6) Інфраструктура – широкосмуговий доступ	10
1.7) Інфраструктура – кластери	10
1.8) Етика та безпека – етика при зборі даних	10
1.9) Етика та безпека – захист даних	10
1.10) Етика та безпека – використання громадянами	10

Джерело: побудовано автором на основі [68].

Ця складова охоплює різноманітні аспекти, що визначають інноваційність середовища, такі як наукові дослідження, розвиток нових технологій, інвестиції в інновації, наявність інноваційної інфраструктури тощо. Зазвичай цей суб-індекс враховує такі фактори, як кількість наукових досліджень та публікацій, наявність інноваційних підприємств, інвестиції в науково-дослідну діяльність, сприяння уряду інноваціям, доступність інфраструктури для розвитку та впровадження нових технологій тощо. Високе значення суб-індексу “Інноваційне середовище” свідчить про сприятливі умови для інноваційного розвитку в країні, тоді як низьке значення може вказувати на обмежені можливості для інновацій та наукового прогресу.

Значення суб-індексу за складовою “Інноваційне середовище” та ранжування країн представлені в табл. 2.3. Лідером за цією складовою є Японія із значенням суб-індексу 94,6, що свідчить про високий рівень інноваційного розвитку.

Таблиця 2.3 – Ранжування країн світу за суб-індексом “Інноваційне середовище”

Ранг	Країни		Значення суб-індексу за складовою “Інноваційне середовище” (Innovation Environment)
1	Японія	Japan	94,6
2	Південна Корея	South Korea	93,9
3	Німеччина	Germany	93,8
4	Франція	France	91,3
5	Сінгапур	Singapore	86,5
6	Великобританія	UK	84,2
7	Австралія	Australia	83,4
8	Канада	Canada	83,0
9	США	US	83,0
10	Китай	China	80,7
11	Італія	Italy	79,1
12	Естонія	Estonia	78,2
13	Росія	Russia	73,3
14	ОАЕ	UAE	68,7
15	Туреччина	Turkey	67,3
16	Малайзія	Malaysia	66,4
17	Індія	India	62,3
18	Південна Африка	South Africa	57,8
19	Аргентина	Argentina	55,4
20	Саудівська Аравія	Saudi Arabia	47,8
21	В’єтнам	Vietnam	46,6
22	Мексика	Mexico	45,5
23	Індонезія	Indonesia	41,7
24	Колумбія	Colombia	41,3
25	Бразилія	Brazil	40,6

Джерело: побудовано автором на основі [68].

Південна Корея розташовується на другому місці зі значенням 93,9, демонструючи високий рівень інновацій в своєму середовищі. Німеччина,

Франція та Сінгапур розташовані на третьому, четвертому і п'ятому місцях відповідно, із значеннями суб-індексу вище 90, що вказує на їхню інноваційну активність. Великобританія, Австралія, Канада та США ділять шосте місце, із значеннями суб-індексу близько 83, вказуючи на схожий рівень інноваційного середовища. Китай, Італія та Естонія розташовані на десятому, одинадцятому і дванадцятому місцях відповідно, із значеннями суб-індексу від 78,2 до 80,7. Росія, ОАЕ, Туреччина, Малайзія, Індія розташовані у нижній частині таблиці, із значеннями суб-індексу від 57,8 до 62,3. Південна Африка, Аргентина, Саудівська Аравія, В'єтнам, Мексика, Індонезія, Колумбія, Бразилія розташовані на останніх місцях із значеннями суб-індексу менше 60, вказуючи на менший рівень інноваційного потенціалу (див. табл. 2.3).

Важливою складовою індексу є освітня політика. З розвитком автоматизації працівникам знадобляться нові навички, щоб використовувати інноваційні технології. Показники індексу за складовою “Освітня політика” представлені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Групи показників індексу “готовності до автоматизації” за категорією “Освітня політика”

Групи показників	Ваги, %
2.1) Політика розвитку раннього дитинства	5,6
2.2) Обов'язкова освіта – навички та знання 21 століття	11,1
2.3) Обов'язкова освіта – технічні навички та знання	5,6
2.4) Обов'язкова освіта – профорієнтація	5,6
2.5) Постобов'язкова освіта – STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)	11,1
2.6) Постобов'язкова освіта – доступ	5,6
2.7) Безперервна освіта	11,1
2.8) Навчальне середовище – реформа оцінювання	11,1
2.9) Навчальне середовище – підготовка вчителів	11,1
2.10) Навчальне середовище – використання технологій і даних	5,6
2.11) Навчальне середовище – інновація в навчальній програмі	11,1
2.12) Навчальне середовище – соціальний діалог	5,6

Джерело: побудовано автором на основі [68].

Рейтинг країн за рівнем готовності до автоматизації в області освітньої політики та значення суб-індексу “Освітня політика” наведені у таблиці 2.5. Укладення рейтингу ґрунтується на оцінках відповідних показників, які враховують такі аспекти, як програми навчання, наявність курсів з інноваційних технологій та підготовка педагогічного персоналу до впровадження автоматизованих технологій.

Таблиця 2.5 – Ранжування країн світу за суб-індексом “Освітня політика”

Ранг	Країни		Значення суб-індексу за складовою “Освітня політика”
1	Південна Корея	South Korea	87,5
2	Естонія	Estonia	86,1
3	Сінгапур	Singapore	84,7
4	Німеччина	Germany	83,3
5	Канада	Canada	79,2
6	Франція	France	76,4
7	Японія	Japan	68,1
8	ОАЕ	UAE	63,9
9	Великобританія	UK	62,5
10	США	US	62,5
11	Австралія	Australia	59,7
12	Аргентина	Argentina	58,3
13	Італія	Italy	56,9
14	Китай	China	52,8
15	Малайзія	Malaysia	52,8
16	Колумбія	Colombia	50,0
17	Бразилія	Brazil	47,2
18	Туреччина	Turkey	38,9
19	Мексика	Mexico	37,5
20	Росія	Russia	36,1
21	Саудівська Аравія	Saudi Arabia	30,6
22	Індія	India	29,2
23	Південна Африка	South Africa	29,2
24	В’єтнам	Vietnam	26,4
25	Індонезія	Indonesia	22,2

Джерело: побудовано автором на основі [68].

За цією складовою Південна Корея лідирує зі значенням 87,5, вказуючи на високий рівень готовності своєї освітньої системи до автоматизації. Естонія, Сінгапур, Німеччина і Канада також показують високі показники, що свідчить про ефективність їхньої освітньої політики в контексті автоматизації. Найнижчі значення зафіксовані в Індонезії, В'єтнамі та Індії, що може вказувати на потребу у вдосконаленні освітніх стратегій у цих країнах для відповідності вимогам сучасного етапу розвитку.

Перед урядом і промисловістю стоїть завдання за допомогою навчальних закладів забезпечити широкі можливості для здобуття навичок, необхідних для ефективної роботи на майбутньому робочому місці та використання можливостей, що відкриваються завдяки автоматизації.

Якщо країни прагнуть розробити довгострокову стратегію для подолання викликів автоматизації, то освіта повинна стати її центральним елементом. У світі, де рутинні завдання автоматизовані, школам доведеться навчати учнів тим навичкам, які поки що недосяжні для програмного забезпечення або машин. Водночас, вони повинні забезпечити учням основи технічних вмінь, таких як кодування, які, можливо, будуть необхідні у більшості майбутніх професій. Багато з цих ролей також вимагатимуть розуміння методів штучного інтелекту та робототехніки. З розвитком цих технологій будуть змінюватися ролі людей, які з ними взаємодіють. Ця постійна трансформація передбачатиме високий рівень адаптивності для того, щоб люди могли продовжувати навчання протягом усього трудового життя. Системи освіти і навчання повинні ефективно відповідати на цей попит.

Політика ринку праці сприяє мобільності робочої сили між секторами, переходу від навчання до працевлаштування, а також створенню нових форм зайнятості. Крім того, він охоплює політику, яка сприяє залученню уразливих груп або тих, хто був витіснений автоматизацією, з метою підтримки продуктивності та надання можливостей для значимої зайнятості.

Показники індексу за складовою “Політика ринку праці” представлені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Групи показників індексу “готовності до автоматизації” за складовою “Політика ринку праці”

Групи показників	Ваги, %
3.1) Дослідження та формування політики ринку праці	12,5
3.2) Програми зміни робочої сили – професійне навчання	12,5
3.3) Програми зміни робочої сили – перехід з університету	12,5
3.4) Програми зміни робочої сили – цільова перепідготовка	12,5
3.5) Програми зміни робочої сили – перехід на робоче місце	12,5
3.6) Програми зміни робочої сили – державні служби зайнятості	12,5
3.7) Програми зміни робочої сили – зв’язки між секторами	12,5
3.8) Програми зміни робочої сили – правила	12,5

Джерело: побудовано автором на основі [68].

Політика на ринку праці, спрямована на забезпечення більшої мобільності та гнучкості працівників – наприклад, шляхом пом’якшення вимог до ліцензування певних професій або надання більш мобільних пільг на робочому місці це може допомогти країнам у вирішенні цього завдання. Не менш важливими є програми, що підтримуються урядами і впроваджуються на робочому місці або в навчальних закладах, щоб допомогти працівникам здобути нові навички, які їм знадобляться. Країни, де такі політики та програми найближчі до реалізації, є тими самими, що найбільше підтримують інновації у сфері ІІІ та робототехніки (див. табл. 2.7).

Дані наведені у таблиці 2.7 вказують на рейтинг країн за їхньою готовністю до впровадження автоматизованих технологій у сфері праці. Лідерами рейтингу є країни з високорозвиненими економіками, такі як Німеччина, Сінгапур і Південна Корея. Мають по 93,8 бали та посідають на першому місці.

Перші три країни відзначаються високим рівнем політичної готовності та розвиненими стратегіями ринку праці, що сприяє їхній успішній адаптації до викликів автоматизації. Серед інших країн, таких як Канада – 84,4 бали, Великобританія – 71,9 бали, Китай і США – 68,8 бали відповідно, також спостерігається певний рівень готовності до автоматизації, що визначається їхніми політиками ринку праці.

Таблиця 2.7 – Ранжування країн світу за суб-індексом “Політика ринку праці”

Ранг	Країна		Значення суб-індексу за складовою “Політика ринку праці”
1	Німеччина	Germany	93,8
2	Сінгапур	Singapore	93,8
3	Південна Корея	South Korea	93,8
4	Японія	Japan	87,5
5	Канада	Canada	84,4
6	Великобританія	UK	71,9
7	Китай	China	68,8
8	Естонія	Estonia	68,8
9	США	US	68,8
10	Австралія	Australia	65,6
11	Італія	Italy	65,6
12	Франція	France	59,4
13	Бразилія	Brazil	56,3
14	Туреччина	Turkey	56,3
15	ОАЕ	UAE	53,1
16	Індія	India	53,1
17	Саудівська Аравія	Saudi Arabia	50,0
18	Малайзія	Malaysia	43,8
19	Росія	Russia	40,6
20	Колумбія	Colombia	40,6
20	В'єтнам	Vietnam	37,5
22	Індонезія	Indonesia	37,5
22	Мексика	Mexico	37,5
24	Аргентина	Argentina	31,3
25	Південна Африка	South Africa	31,3

Джерело: побудовано автором на основі [68].

Готовність до автоматизації тісно пов'язана із стратегіями освіти, інноваційним середовищем та політикою зайнятості в країні. Країни з високим рівнем доходу переважають у кожній з категорій індексу, що свідчить про те, що їхнє політичне середовище вважається найбільш придатним для вирішення завдань та використання можливостей інтелектуальної автоматизації (табл. 2.8). Південна Корея очолює рейтинг за індексом готовності до автоматизації завдяки високим показникам майже в усіх складових. Наступні три місця займають Німеччина, Сінгапур і Японія – країни, що проявили лідерство у цифровізації промисловості.

Таблиця 2.8 – Топ 10 країн світу за індексом готовності до автоматизації

Країна	Глобальний індекс		Складові (суб-індекси)					
			Інноваційне середовище		Освітня політика		Політика ринку праці	
	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення
Південна Корея	1	91,3	2	93,9	1	87,5	1	93,8
Німеччина	2	89,6	3	93,8	4	83,3	1	93,8
Сінгапур	3	87,3	5	86,5	3	84,7	1	93,8
Японія	4	82,6	1	94,6	7	68,1	4	87,5
Канада	5	81,8	8	83,0	5	79,2	5	84,4
Естонія	6	9,5	12	78,2	2	86,1	7	68,8
Франція	7	78,9	4	91,3	6	76,4	12	59,4
Великобританія	8	73,1	6	84,2	9	62,5	6	71,9
США	9	72,0	9	83,0	9	62,5	7	65,6
Австралія	10	70,4	7	83,4	11	59,7	7	65,6

Джерело: побудовано автором на основі [68].

Японію відрізняє найкраще в світі інноваційне середовище, а Німеччина та Сінгапур, разом із Південною Кореєю, обіймають перше місце за політикою на ринку праці. Канада, яка займає 5-те місце в таблиці, принаймні частково зобов'язана своєму положенню ініціативам окремих провінцій, таких як Онтаріо, у адаптації своїх освітніх систем та підходів до навчання відповідно до вимог передових технологій (федеральна влада грає помітну роль у підтримці технологічних інновацій та розробці стратегії по усуненню наслідків автоматизації для робочої сили) [35].

Естонія посіла 6-те місце в індексі готовності до автоматизації завдяки комплексному підходу до інтеграції технологій інтелектуальної автоматизації в економіку та суспільство. Ця країна продемонструвала високий рівень розвитку цифрових технологій та ефективну координацію зусиль уряду, наукових установ і бізнес-сектору в контексті цифрової трансформації. Важливими факторами для розгляду є також рівень освіти та інноваційних ініціатив в Україні, оскільки це може впливати на інтеграцію та впровадження передових технологій в економіку.

2.2. Адаптація методології побудови індексу до визначення готовності до автоматизації регіонів України

Слід зазначити, що базовий міжнародний індекс «готовності до автоматизації» ілюструє усереднене значення його рівня в країні й не враховує можливу диференціацію між регіонами всередині країни.

Основна ціль розроблення регіональних індексів полягає в тому, щоб визначити наявність чи відсутність суттєвих відмінностей за складовими індексу між регіонами України [17].

Можливість збору статистичних даних за більш дрібними територіальними одиницями, ніж країни, уможлиблюють застосування цього підходу для визначення регіональних особливостей розвитку інноваційного, освітнього середовища, а також стану ринку праці та зайнятості в середині країни з урахуванням особливостей за кожною територіальною одиницею [16].

Індекс «готовності до автоматизації» регіонів України був побудований за методикою, аналогічною міжнародній. Він структурований також як зведений індекс, і загальні бали для кожного регіону отримані шляхом зважування та об'єднання трьох суб-індексів, що відповідають складовим, представленим на рис. 2.1. Зважування та об'єднання цих суб-індексів дозволяє отримати комплексний огляд готовності регіонів до впровадження автоматизаційних технологій.

Такий підхід допомагає визначити ключові аспекти, що впливають на автоматизацію в різних частинах країни та визначити стратегії розвитку для покращення цих показників. Цей індекс є важливим інструментом для оцінки потенціалу регіонів та розробки ефективних заходів національної політики у сфері автоматизації.

У свою чергу, оцінки суб-індексів розраховуються як середньозважене значення нормованих оцінок окремих показників, перелік яких представлений

після опису кожної складової.

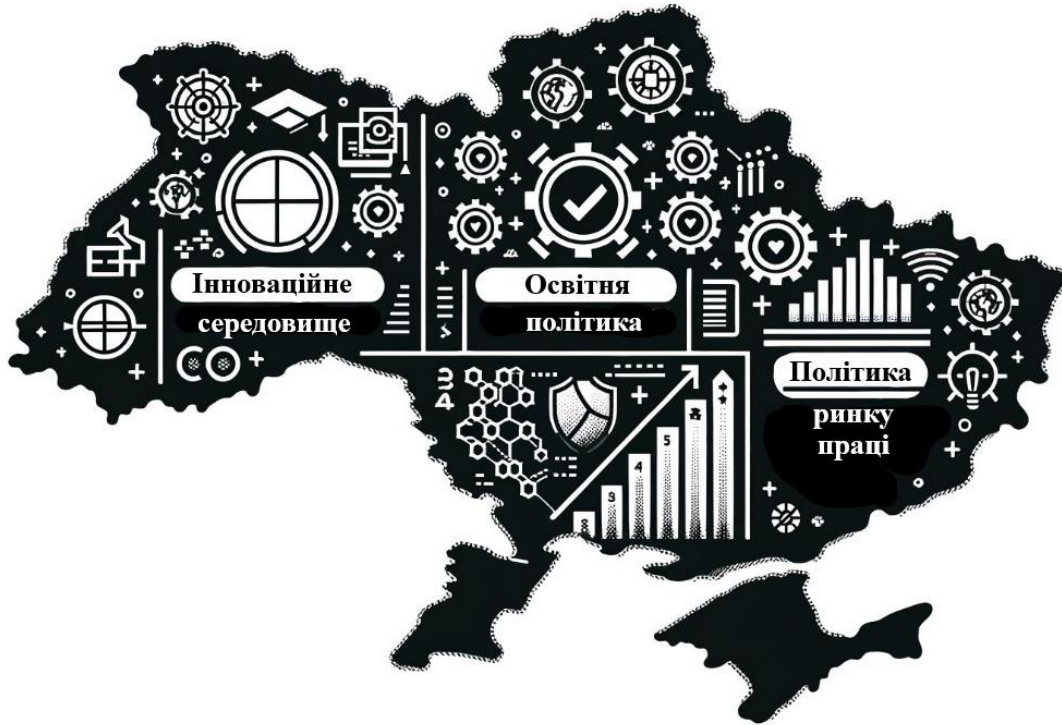


Рисунок 2.1 – Складові індексу «готовності до автоматизації» регіонів України.

Джерело: побудовано автором за методикою [73].

Значною мірою вибір показників за складовими цієї методики обумовлений наявністю офіційних даних, оприлюднених Державною службою статистики України за 2020 та 2021 роки [1, 2, 3, 12, 14, 15, 28, 29].

Першою складовою є інноваційне середовище. Національна політика в сфері підприємництва та інновацій має вирішальне значення для просування культури, яка заохочує розвиток і впровадження нових технологій і підтримує підприємства та окремих осіб. Конструктивне регулювання та конкурентне середовище сприятимуть динамічній економіці та створенню нових професій і навіть видів економічної діяльності. У той же час уряд має розробити нормативні рамки, які гарантуватимуть не тільки широке розповсюдження новітніх технологій автоматизації, але й їх безпечне та відповідальне використання.

Задля характеристики готовності до автоматизації регіонів України за складовою «Інноваційне середовище» використано такі показники [28, 29]:

- x_1 – витрати на виконання наукових досліджень і розробок, тис. грн;
- x_2 – витрати на фундаментальні наукові дослідження, тис. грн;
- x_3 – витрати на прикладні наукові дослідження, тис. грн;
- x_4 – витрати на науково-технічні (експериментальні) розробки, тис. грн;
- x_5 – кількість інноваційно активних промислових підприємств, од.;
- x_6 – витрати на інновації промислових підприємств, млн грн;
- x_7 – обсяг капітальних інвестицій за ВЕД “Промисловість”, млрд грн;
- x_8 – обсяг капітальних інвестицій за ВЕД “Професійна, наукова та технічна діяльність”, млн грн.

Другою складовою індексу є освітня політика. З розвитком автоматизації працівникам знадобляться нові навички, щоб використовувати та вдосконалювати технології. Крім того, нові робочі місця і види економічної діяльності, що будуть створені шляхом автоматизації, вимагатимуть нових і вдосконалених навичок у поточної та майбутньої робочої сили. Ринок праці, що розвивається, вимагає постійного навчання. Ця складова охоплює низку стратегій розвитку людського капіталу, необхідного для отримання цих навичок, у тому числі покращення якості освіти та забезпечення доступу до неї вразливих верств населення.

Аналіз готовності до автоматизації регіонів України за складовою «Освітня політика» проведено за такими показниками [28, 29]:

- x_9 – населення, яке повідомило, що користувалися послугами інтернету, тис. осіб;
- x_{10} – кількість абонентів інтернету, тис. осіб;
- x_{11} – кількість учнів загальноосвітніх навчальних закладів на початок навчального року, осіб;
- x_{12} – кількість учнів, слухачів професійно-технічних навчальних закладів на кінець року, осіб;

x_{13} – кількість студентів закладів вищої освіти (ЗВО) на початок навчального року, осіб;

x_{14} – кількість аспірантів на початок навчального року, осіб;

x_{15} – випуск фахівців із ЗВО, осіб.

Політика ринку праці – це третя складова індексу. Вона розглядає політику, яка сприяє мобільності робочої сили між секторами, переходу від навчання до працевлаштування, а також створенню нових форм зайнятості. Крім того, вона охоплює політику, яка сприяє залученню вразливих верств населення або тих, хто був витіснений автоматизацією, з метою підтримки продуктивності та надання можливостей для значимої зайнятості.

Задля характеристики готовності до автоматизації регіонів України за складовою «Політика ринку праці» використано такі показники [28,29]:

x_{16} – кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок, осіб;

x_{17} – кількість дослідників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок, осіб;

x_{18} – зайняте населення за ВЕД “Промисловість” у віці 15-70 років; тис. осіб;

x_{19} – зайняте населення за ВЕД “Інформація та телекомунікації” у віці 15-70 років; тис. осіб;

x_{20} – зайняте населення за ВЕД “Професійна, наукова та технічна діяльність” у віці 15-70 років; тис. осіб;

x_{21} – зайняте населення за ВЕД “Освіта” у віці 15–70 років; тис. осіб.

Для створення системи показників, що становлять основу індексу готовності до автоматизації, використовувалися офіційні статистичні дані за регіонами України. Ці дані надають об’єктивну основу для оцінки різних аспектів готовності до впровадження автоматизаційних технологій в кожному регіоні.

Система показників враховує різноманітні аспекти, такі як технічна інфраструктура, науково-дослідницька активність, рівень освіти та інші ключові фактори, які визначають готовність регіону до переходу до автоматизованих технологій. Цей підхід забезпечує комплексність та достовірність отриманих

результатів, а також враховує різноманітність умов та ресурсів, доступних в різних частинах країни.

Використання офіційних статистичних даних підсилює об'єктивність та науковий підхід до формування індексу, що робить його надійним інструментом для аналізу та прийняття рішень у сфері розвитку автоматизації в Україні. [1, 2, 3, 12, 14, 15, 28, 29].

Для побудови відповідних суб-індексів та загального індексу готовності регіонів України до автоматизації оцінки окремих показників були представлені за нормалізованою шкалою від 0 до 100 (де рівень 100 є найкращим), що відображає відносну ефективність кожного регіону країни. Усі обрані показники є стимуляторами, тому їх нормалізація здійснювалася за формулою:

$$x_{ij}^{norm} = \frac{x_{ij} - x_{\min j}}{x_{\max j} - x_{\min j}} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де:

x_{ij}^{norm} – нормалізоване (стандартизоване) значення j -го показника для i -го регіону України (показує відносну позицію i -го регіону України в діапазоні варіації j -го показника;

$x_{\min j}$ – мінімальне значення j -го показника;

$x_{\max j}$ – максимальне значення j -го показника.

При великих значеннях j -го показника x_{ij}^{norm} наближається до 100, при малих – до 0. Таку саму властивість має загальний індекс та кожна із його складових, представлених суб-індексами.

Чим вищий рівень розвитку показника чи узагальнюючої характеристики, тим далі від нуля відхиляється значення x_{ij}^{norm} . Нормалізовані (стандартизовані) значення показників, що були обрані для характеристики складових індексу готовності до автоматизації представлені в таблицях 2.9 – 2.12.

Таблиця 2.9 – Нормалізовані значення показників, що входять до першої складової “Інноваційне середовище”

Регіони України	Нормалізовані значення показників							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
Вінницька	0,45	0,65	0,78	0,10	24,42	5,20	14,38	3,15
Волинська	0,00	0,18	0,02	0,00	2,33	2,29	10,41	0,07
Дніпропетровська	16,49	5,89	8,17	50,38	75,58	37,27	83,06	3,04
Житомирська	0,18	0,41	0,22	0,17	5,81	1,14	7,09	0,50
Закарпатська	0,82	0,82	1,68	0,53	0,00	0,00	10,14	0,35
Запорізька	16,79	0,55	10,42	33,29	36,05	47,50	13,65	4,89
Івано-Франківська	0,45	0,40	0,97	0,23	20,93	6,49	8,57	0,86
Київська	3,79	2,07	10,07	4,40	53,49	23,51	39,03	2,00
Кіровоградська	0,12	0,13	0,31	0,27	11,63	9,03	4,48	0,18
Львівська	5,32	7,53	8,05	3,16	58,14	18,14	34,73	2,10
Миколаївська	3,20	0,46	0,89	5,11	4,65	20,72	3,44	0,18
Одеська	3,38	3,46	6,71	3,21	23,26	2,42	9,33	4,03
Полтавська	0,30	0,94	0,75	0,06	29,07	28,34	29,83	0,71
Рівненська	0,04	0,08	0,41	0,07	10,47	2,21	25,42	0,43
Сумська	1,57	0,54	0,98	1,43	15,12	4,12	5,24	0,05
Тернопільська	0,28	0,00	1,17	0,06	29,07	10,28	6,27	0,10
Харківська	27,99	23,06	30,88	43,13	100,00	35,59	11,45	2,31
Херсонська	0,79	0,59	2,58	0,12	4,65	1,48	0,00	0,00
Хмельницька	0,30	0,45	0,00	0,08	5,81	4,08	8,50	0,97
Черкаська	0,72	0,53	0,86	0,45	24,42	12,87	7,30	0,08
Чернівецька	1,12	1,20	3,52	0,15	3,49	0,19	2,41	0,19
Чернігівська	0,66	0,11	1,05	0,48	13,95	0,58	3,23	0,09
м. Київ	100,00	100,00	100,00	100,00	80,23	100,00	100,00	100,00

Джерело: розраховано за даними [28, 28, 30].

На першому місті майже за усіма показниками складової “Інноваційне середовище” знаходиться м. Київ. Перше місце за показником “кількість інноваційно активних промислових підприємств” займає Харківська область, вона ж має друге місце за показниками “витрати на виконання наукових досліджень і розробок”, “витрати на фундаментальні наукові дослідження” та “витрати на прикладні наукові дослідження”.

Таблиця 2.10 – Нормалізовані значення показників, що входять до другої складової “Освітня політика”

Регіони України	Нормалізовані значення показників						
	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}
Вінницька	22,08	16,99	28,35	39,73	7,82	4,66	7,75
Волинська	5,28	4,84	19,45	16,32	3,17	2,19	4,67
Дніпропетровська	100,00	42,82	100,00	82,17	27,82	17,16	28,28
Житомирська	9,96	10,10	17,66	15,89	4,12	0,51	3,08
Закарпатська	17,47	5,23	32,45	3,67	2,10	7,22	0,45
Запорізька	35,94	19,01	30,83	37,77	14,22	11,80	15,58
Івано-Франківська	20,63	7,43	27,89	21,01	6,22	7,57	9,94
Київська	35,33	24,42	51,26	17,18	4,26	2,94	2,43
Кіровоградська	0,00	1,54	0,00	8,47	0,00	0,97	1,22
Львівська	56,07	37,93	79,42	100,00	29,61	23,72	32,65
Миколаївська	10,91	12,52	9,50	20,68	4,52	0,00	4,56
Одеська	62,02	78,82	73,23	47,80	26,70	17,30	25,42
Полтавська	15,38	10,35	17,04	23,31	8,74	7,06	11,78
Рівненська	10,65	5,47	28,13	30,46	5,71	0,13	4,05
Сумська	8,92	4,10	0,82	20,36	5,51	9,01	3,77
Тернопільська	7,32	2,91	7,59	17,90	7,19	8,00	5,59
Харківська	79,32	36,75	64,56	38,70	43,40	37,20	43,57
Херсонська	3,09	4,05	7,18	10,62	3,09	2,71	2,77
Хмельницька	13,06	7,64	17,37	24,01	4,52	2,88	4,74
Черкаська	13,91	11,03	8,68	10,85	6,06	3,73	8,74
Чернівецька	0,30	0,00	4,61	5,06	4,43	0,65	3,47
Чернігівська	1,34	8,48	0,18	0,00	1,40	1,59	0,00
м. Київ	93,20	100,00	88,46	43,95	100,00	100,00	100,00

Джерело: розраховано за даними [28, 28, 30].

На першому місці за багатьма показниками складової “освітня політика” знаходиться м. Київ; за показниками “населення, яке повідомило, що користувалися послугами інтернету” та “кількість учнів загальноосвітніх навчальних закладів на початок навчального року” перше місце займає Дніпропетровська область; за показником “кількість учнів, слухачів професійно-технічних навчальних закладів на кінець року” – Львівська область.

Таблиця 2.11 – Нормалізовані значення показників, що входять до третьої складової “Політика ринку праці”

Регіони України	Нормалізовані значення показників					
	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}
Вінницька	0,82	0,74	11,94	4,53	4,62	9,69
Волинська	0,00	0,00	4,52	0,35	0,76	5,40
Дніпропетровська	19,19	15,27	100,00	27,79	27,37	78,30
Житомирська	0,36	0,29	13,69	5,70	3,02	14,98
Закарпатська	0,97	0,70	6,76	0,00	0,00	1,87
Запорізька	8,94	4,53	39,94	7,33	9,32	23,90
Івано-Франківська	0,84	1,08	11,00	0,70	3,11	27,64
Київська	3,55	3,30	31,56	15,58	21,24	39,21
Кіровоградська	0,01	0,06	4,35	0,70	0,08	3,52
Львівська	9,63	11,09	40,98	20,70	16,37	52,86
Миколаївська	4,17	2,82	8,80	0,47	2,27	9,36
Одеська	5,16	5,11	15,97	15,58	13,52	47,25
Полтавська	0,99	1,08	20,56	2,79	4,87	3,41
Рівненська	0,32	0,38	9,76	2,79	2,02	1,54
Сумська	2,59	2,27	8,31	1,86	5,04	11,34
Тернопільська	0,51	0,64	0,00	0,47	1,60	8,04
Харківська	29,25	29,54	63,13	28,60	27,46	75,33
Херсонська	1,12	1,06	0,93	0,35	3,69	4,96
Хмельницька	0,27	0,35	8,42	0,70	2,60	17,29
Черкаська	0,85	0,88	12,80	2,09	4,20	13,99
Чернівецька	1,08	1,18	1,52	0,58	0,17	0,00
Чернігівська	0,97	0,45	4,83	1,98	2,94	4,30
м. Київ	100,00	100,00	23,18	100,00	100,00	100,00

Джерело: розраховано за даними [28, 28, 30].

За показником “зайняте населення за ВЕД “Промисловість” у віці 15-70 років” перше місце має Дніпропетровська область.

За усіма іншими показниками складової “Політика ринку праці” знову найкращим є м. Київ.

Наступним кроком методики є розрахунок суб-індексів, які характеризують готовність регіонів до автоматизації за виділеними складовими (див. формули 2–4). Результати розрахунків представлено в табл. 2.12.

$$SIA_{i1} = \frac{\sum_{j=1}^8 x_{ij}^{norm}}{8}, \quad SIA_{i2} = \frac{\sum_{j=9}^{16} x_{ij}^{norm}}{7}, \quad SIA_{i3} = \frac{\sum_{j=17}^{22} x_{ij}^{norm}}{5}, \quad (2.2 - 2.4)$$

де SIA_{i1} – суб-індекс “Інноваційне середовище” ($k = 1$);

SIA_{i2} – суб-індекс “Освітня політика” ($k = 2$);

SIA_{i3} – суб-індекс “Політика ринку праці” ($k = 3$).

Усі показники, що використовувались у ході розрахунку суб-індексів вважались рівновагомими.

При побудові індексу готовності до автоматизації регіонів України при об’єднанні складових (суб-індексів) у загальний індекс використовувались вагові коефіцієнти, призначені для відображення важливості відповідної складової, аналогічні тим, що використовуються у міжнародній методиці. Так, інноваційному середовищу (40%) та освітній політиці (40%) надавалася більша вага, ніж політиці ринку праці (20%), що відображає орієнтацію на довгострокову конкурентоспроможність економіки (формула 2.5).

Індекс готовності до автоматизації регіонів України розраховувався за формулою (1) на основі трьох суб-індексів [17–18]:

$$IA_i = \sum_{k=1}^3 SIA_{ik} \cdot w_k = 0,4 \cdot SIA_{i1} + 0,4 \cdot SIA_{i2} + 0,2 \cdot SIA_{i3}, \quad (2.5)$$

де IA_i – індекс готовності до автоматизації для i -го регіону України;

SIA_{ij} – суб-індекси, що характеризують k -ту складову готовності до автоматизації i -го регіону України, $k = \overline{1, 3}$,

SIA_{i1} – суб-індекс “Інноваційне середовище” ($k = 1$);

SIA_{i2} – суб-індекс “Освітня політика” ($k = 2$);

SIA_{i3} – суб-індекс “Політика ринку праці” ($k = 3$).

Отримані в ході розрахунків значення загального індексу готовності до автоматизації, його суб-індексів, а також відповідні ранги за кожною складовою представлені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Ранжування регіонів України: загальний індекс готовності до автоматизації регіонів України та його складові (суб-індекси)

Регіони України	Загальний індекс готовності до автоматизації		Суб-індекси					
			Інноваційне середовище		Освітня політика		Політика ринку праці	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг
м. Київ	92,20	1	97,53	1	89,37	1	87,20	1
Дніпропетровська	45,68	2	34,99	2	56,89	2	44,65	2
Харківська	41,79	3	34,30	3	49,07	4	42,22	3
Львівська	32,45	4	17,15	6	51,34	3	25,27	4
Одеська	25,14	5	6,97	8	47,33	5	17,10	6
Запорізька	20,73	6	20,39	4	23,59	6	15,66	7
Київська	18,61	7	17,30	5	19,69	7	19,07	5
Полтавська	10,97	8	11,25	7	13,38	10	5,62	11
Вінницька	10,81	9	6,14	9	18,20	8	5,39	12
Івано-Франківська	9,18	10	4,86	13	14,38	9	7,40	8
Рівненська	7,35	11	4,89	12	12,09	11	2,80	16
Черкаська	7,12	12	5,90	11	9,00	14	5,80	10
Миколаївська	6,44	13	4,83	14	8,96	15	4,65	15
Хмельницька	6,24	14	2,52	17	10,60	12	4,94	14
Тернопільська	5,97	15	5,90	10	8,07	17	1,88	19
Житомирська	5,55	16	1,94	19	8,76	16	6,34	9
Сумська	5,50	17	3,63	15	7,50	19	5,24	13
Закарпатська	4,98	18	1,79	21	9,80	13	1,72	21
Волинська	4,33	19	1,91	20	7,99	18	1,84	20
Херсонська	2,83	20	1,28	23	4,79	20	2,02	18
Кіровоградська	2,30	21	3,27	16	1,74	23	1,45	22
Чернігівська	2,27	22	2,52	18	1,85	22	2,58	17
Чернівецька	1,82	23	1,53	22	2,65	21	0,76	23

Джерело: авторські розрахунки.

Найвище значення загального індексу готовності до автоматизації (92,2) спостерігалось у м. Київ, а найнижче значення (1,82) – у Чернігівській області.

У м. Київ спостерігається також найвище значення всіх суб-індексів готовності до автоматизації регіонів України та, відповідно, перше місце в рейтингу за рівнями розвитку інноваційного середовища (97,53), станом освітньої політики (89,37) та політики ринку праці (87,20).

Друге місце у рейтингу регіонів України за значеннями загального індексу готовності до автоматизації та усіх суб-індексів, що він охоплює (45,68; 34,99; 56,89; 44,65), посідає Дніпропетровська область.

Третє місце за значеннями загального індексу готовності до автоматизації (41,79) та суб-індексів “Інноваційне середовище” та “Політика ринку праці” посідає Харківська область. За суб-індексом “Освітня політика” третє місце має Львівська область.

Слід звернути увагу на особливості (обмеження) проведеного дослідження готовності до автоматизації регіонів України:

- в представленому дослідженні не використовувались якісні показники, оскільки вони мають бути засновані на дослідженні національної політики та планів, їх слід тлумачити як дії уряду в певному напрямку, і не можуть тлумачитися як міра ефективності або якості реалізації конкретних програм або цілей. В умовах військової агресії росії проти України отримання об’єктивної інформації з цього приводу є неможливим;

- дослідження було проведено на основі офіційних статистичних даних за 2020, 2021 рр [1, 2, 3, 12, 14, 15, 28, 29]. Дані за 2022 та 2023 рр не використовувались з тих же причин, що вказані у попередньому пункті;

- дослідження пропонує спрощене уявлення про складний ландшафт впливу автоматизації на економіку та суспільство на основі показників, які вважаються найбільш репрезентативними у вибраних темах. Відбір показників проводився на основі наявних офіційних даних, вивчення літератури та консультацій з експертами. Це означає, що не всі критичні сфери, пов’язані з автоматизацією, було розглянуто.

Висновки до розділу 2

Висновки з проведеного аналізу готовності до автоматизації вказують на тісний зв'язок цього процесу із стратегіями освіти, інноваційним середовищем та політикою зайнятості в країні. За результатами індексу, країни з високим рівнем доходу виявилися лідерами у всіх категоріях, вказуючи на ефективність їхнього політичного середовища для впровадження інтелектуальної автоматизації.

Південна Корея визначається як лідер за індексом готовності до автоматизації завдяки високим показникам у всіх аспектах. Німеччина, Сінгапур і Японія посідають наступні три місця, підтверджуючи своє лідерство в цифровізації промисловості.

Індекс готовності до автоматизації регіонів України, будуючись за аналогією до міжнародних стандартів, структурований як зведений індекс, залучаючи три суб-індекси. Найвищий індекс зафіксовано у м. Києві (92,2), в той час як Чернігівська область має найнижче значення (1,82).

М. Київ виокремлюється як лідер з найвищими значеннями всіх суб-індексів готовності до автоматизації та першим місцем в рейтингу за рівнями розвитку інноваційного середовища, освітньої політики та політики ринку праці. Друге місце за загальним індексом і суб-індексами посідає Дніпропетровська область, що підтверджує високий рівень готовності до автоматизації в цьому регіоні.

Узагальнюючи, результати дослідження вказують на необхідність розвитку та впровадження ефективних стратегій готовності до автоматизації на різних рівнях, як у високорозвинених країнах, так і в регіонах України, з урахуванням особливостей їхніх політичних, освітніх та інноваційних контекстів.

РОЗДІЛ 3

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

3.1. Інтерполяція та виявлення аномальних даних часових рядів імпорту в Україну промислових робіт за допомогою RStudio

Одним з найбільш повних і достовірних джерел світової торговельної статистики є база даних UN Comtrade Database, яка дозволяє детально вивчити зовнішню торгівлю будь-якої окремо взятої країни по кожній групі товарів. Дані, зібрані Відділом Статистики ООН, охоплюють інформацію більш, ніж 98 % відсотків обсягу світової торгівлі.

UN Comtrade Database містить річні дані про вартість і фізичні обсяги експорту та імпорту близько 200 країн та регіонів з 1962 р. і щомісячну статистику торгівлі з 2010 р. з розбивкою по країнам-торговим партнерам і видам товарів. З базою даних UN Comtrade Database можна ознайомитись на сайті Статистичного відділу ООН [71].

Задля отримання річних даних про вартість і фізичні обсяги імпорту з України в 2021р. товару “Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені: промислові роботи, в іншому місці не зазначені” із використанням UN Comtrade Database необхідно спочатку визначити код товару за Гармонізованою системою опису та кодування товарів.

Код товару “Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені: промислові роботи, в іншому місці не зазначені” (код за HS-17 – 847950)

Данні вартості імпорту в Україну у 2021р. товару промислові роботи (код за HS-17 – 847950 наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Імпорт товарів “Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені: промислові роботи, в іншому місці не зазначені” (код за HS-17 – 847950) в Україну у 2021р.

Країни світу	Вартість імпорту, дол. США	Вага нетто, кг	Кількість
Світ	5760292	232071	224
Китай	1269200	39488	49
Австрія	1107021	21000	43
Німеччина	960346	51076	37
Італія	598528	51911	23
Туреччина	438879	29455	17
Японія	305236	9041	11
Польща	228260	4731	8
Об’єднане Королівство	207242	2017	8
Данія	199941	638	7
Угорщина	69339	3240	2
Чехія	54316	450	2
Литва	47209	3240	1
Білорусь	38169	950	1
Ізраїль	34570	752	1
Іспанія	31962	4155	1
США	30138	33	1
Канада	30128	37	1
Інша Азія, інше	27001	1164	1
Болгарія	22987	1385	0
Малайзія	18073	54	0
Швейцарія	17930	811	0
Швеція	16842	1076	0
Республіка Корея	3062	64	0
Румунія	2220	3500	0
Нідерланди	1681	1800	0

Джерело: побудовано автором за даними [71].

Найбільшими імпортерами товару “Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені: промислові роботи, в іншому місці не зазначені” (код за HS-17 – 847950) в Україну в 2021 році були Китай, Австрія та Німеччина.

Найбільші світові країни-імпортери товару “Машини та механічні пристрої спеціального призначення, в іншому місці не зазначені: промислові роботи, в іншому місці не зазначені” (код за HS-17 – 847950) представлені в табл. 3.2. Серед лідерів у 2021 р. – Китай, США та Німеччина.

Таблиця 3.2 – Імпорт товарів “Машини та механічні пристрої спеціального призначення в іншому місці не зазначені: промислові роботи в іншому місці не зазначені” (код за HS-17 – 847950) за країнами світу у 2021 р.

Країни світу		Вартість імпорту, дол. США	Вага нетто кг	Кількість
Китай	China	1535458731	48019792	114581
США	USA	510162611	0	63451
Німеччина	Germany	435641314	9364495	16951
Італія	Italy	209372383	46600776	8162
Республіка Корея	Rep. of Korea	194631604	6074654	21137
Франція	France	168145723	4765320	6555
Мексика	Mexico	134331066	0	2316703
Нідерланди	Netherlands	130863677	1323582	5092
Іспанія	Spain	128729240	4104317	5018
Чехія	Czechia	125450451	1728887	4890
Сінгапур	Singapore	125224415	0	31423
Інша Азія, інше	Other Asia nes	123552177	2109207	4816
Швейцарія	Switzerland	111406971	1111367	3166
Канада	Canada	109280511	0	1385929
Польща	Poland	106382585	2571610	4147
Туреччина	Turkey	102272933	4237820	3987
Об'єднане Королівство	United Kingdom	95881767	1673994	3738
Індія	India	93035962	0	38159
Австрія	Austria	83252067	1774129	3245
Марокко	Morocco	80312654	5554532	3131
Таїланд	Thailand	75219231	0	8679
Японія	Japan	73452510	0	5099
Бразилія	Brazil	71573356	1971298	2959
Малайзія	Malaysia	70155707	0	0
Швеція	Sweden	69558951	1529777	2711

Джерело: побудовано автором за даними [71].

Слід зазначити, що численні переваги для аналізу даних і статистичного моделювання надає RStudio – це інтегроване середовище розробки (ICP) для мови програмування R, яке. Використання RStudio для аналізу даних має численні переваги, які сприяють ефективності та продуктивності користувачів. Ось кілька ключових переваг:

1. Інтегроване середовище розробки (ICP): RStudio надає повноцінне інтегроване середовище розробки, що спрощує введення, редагування та виконання коду. Це включає консоль R, текстовий редактор з можливістю автодоповнення та інші інструменти, що полегшують розробку програми та аналіз великого масиву даних.

2. Керування проектами: RStudio надає можливість створювати та керувати проектами, що дозволяє вам організовувати ваш код, дані та інші ресурси в структурованому вигляді. Це особливо корисно для великих проектів або спільної роботи в команді.

3. Візуалізація даних: RStudio підтримує вбудовані інструменти для візуалізації даних, такі як графіки, що дозволяють вам швидко і ефективно аналізувати та візуалізувати ваші дані. Це сприяє кращому розумінню структури та взаємозв'язків у ваших даних.

4. Інтерактивна робота з даними: Завдяки консолі R в RStudio, ви можете взаємодіяти з даними та виконувати аналіз на льоту. Це дозволяє швидко тестувати ідеї, експериментувати з кодом та одержувати миттєвий зворотний зв'язок.

5. Пакети та розширення: RStudio спрощує управління пакетами R, дозволяючи легко встановлювати, оновлювати та керувати пакетами. Також існують різноманітні розширення та плагіни, які полегшують роботу з різними аспектами аналізу даних.

Загалом, використання RStudio сприяє покращенню продуктивності та зручності при аналізі даних за рахунок своєї потужної функціональності та дружнього інтерфейсу.

Для початку роботи потрібно завантажити необхідні бібліотеки за допомогою функції `library()`:

- `library(untrader)` – бібліотека для запиту даних з UN Comtrade;
- `library(padr)` – реалізація заповнення пропусків дат у часових рядах;
- `library(imputeTS)` – заповнення пропущених значень (цільові змінні) різними методами;
- `library(ggplot2)` – бібліотека малювання графіків.

Здійснивши реєстрацію на порталі розробників UN Comtrade та отримавши ключ підписки на API, Для доступу до торговельних даних потрібна реєстрація на порталі розробників UN Comtrade. За посиланням <https://comtradedeveloper.un.org/>, було створено обліковий запис UN Comtrade B2C. Після успішної реєстрації потрапляємо до етапу отримання ключа API.

При зверненні на сторінку продуктів за посиланням <https://comtradedeveloper.un.org/products> необхідно вибрати відповідний продукт API згідно з рівнем підписки (безкоштовне, преміум для фізичних осіб, API Premium Institutional Pro, преміальне пробне API). Відповідно вибраного рівня підписки API, вказали ім'я підписника та підписалися для отримання ключа API. Після отримання ключа API переходимо до виконання запитів, отримуючи необхідні торговельні дані та забезпечуючи ефективний доступ до ресурсів UN Comtrade. Це швидкий та ефективний доступ до торговельних даних за допомогою API UN Comtrade.

Завантаження даних з UN Comtrade ---- активація токена авторизації.

```
set_primary_comtrade_key(key = "ac75a2800407986a96123c9c113")
```

Після авторизації створено API запити на сайт UN Comtrade для завантаження статистичних даних за кодом 847950 (промислові роботи): імпорт промислових роботів з усіх країн в Україну з 2010 по 2022 рік. Для цього створюємо список параметрів для завантаження. Даний підхід передбачає створення малих частих запитів щодо таких параметрів:

- `report_country` – вектором вказуємо назви країн;
- `"all"` - всі країни які наявні.

```
report_country = c("UKR")
```

```
partner_country = c('all')
```

створюємо таблицю з датами для місячного завантаження

```
df_date <- data.frame(start_date = paste0(2010:2022, "-", "01"), end_date =  
paste0(2010:2022, "-", "12"))
```

Далі завантажуюємо всі потрібні нам данні:

```
df_download <- pmap(get_parameter_list, safely(\(report_country,  
partner_country, start_date, end_date) { df <- get_comtrade_data( frequency = "M",  
commodity_code = "847950", flow_direction = "import", reporter = report_country,  
partner = partner_country, start_date = start_date, end_date = end_date, verbose = T)
```

```
  Sys.sleep(runif(1, min = 5, 10))
```

```
  return(df) })))
```

Далі було оброблено запит і перевірено завантажених даних.

```
df_download_error <- df_download > transpose() kr_import <-  
df_download_error$result |> bind_rows()
```

Перетворюємо отримані дані у вигляд придатний для аналізу:

```
ukr_import %>% select(hs_code = cmdCode, period, partner = partnerISO,  
reporter = reporterISO, reporter_Desc = reporterDesc, qty, wgt = netWgt, value =  
primaryValue) %>% mutate(period = ym(period)) -> import import %>%  
mutate(ts_code = paste0(hs_code,"_", reporter,"_",partner)) -> import
```

Отриманні дані зберігаємо у файлі trade.xlsx,

```
write_csv(import, "comtrade_data/trade.csv")
```

```
write_rds(import, "comtrade_data/trade.rds")
```

```
openxlsx::write.xlsx(import, "comtrade_data/trade.xlsx")
```

```
import <- readRDS("comtrade_data/import.rds")
```

```
ts_import <- import %>% select(ts_code, period, value)
```

Після реалізації цих функцій отримано Excel файл з даними про імпорт товару “промислові роботи” в Україну (кодом за 847950) з сайту UN Comtrade (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Формат Excel файлу, отриманого на виході реалізації функцій

hs_code	period	partner	partner_Desc	qty	wgt	value	ts_code
847950	08.01.2022	JPN	Japan	0,364	241,55	9306,67	847950_UKR_JPN
847950	08.01.2022	MYS	Malaysia	16,768	5980	428791,28	847950_UKR_MYS
847950	08.01.2022	TUR	Türkiye	0,739	670	18889,01	847950_UKR_TUR
847950	09.01.2022	CHN	China	0,892	1200	22819,63	847950_UKR_CHN
847950	09.01.2022	DEU	Germany	0,333	975	8519,28	847950_UKR_DEU
847950	09.01.2022	JPN	Japan	0,626	290	16006,62	847950_UKR_JPN
847950	09.01.2022	SWE	Sweden	4,202	2764	107441,79	847950_UKR_SWE
847950	10.01.2022	CHN	China	0,725	1550	18662,33	847950_UKR_CHN
847950	10.01.2022	DEU	Germany	0,082	320	2111,93	847950_UKR_DEU
847950	10.01.2022	ISR	Israel	0,904	451	23270,11	847950_UKR_ISR
847950	10.01.2022	JPN	Japan	0,287	530	7399,87	847950_UKR_JPN
847950	11.01.2022	CHN	China	2,469	2480	63566,32	847950_UKR_CHN
847950	11.01.2022	JPN	Japan	0,532	185	13707,32	847950_UKR_JPN
847950	12.01.2022	AUT	Austria	0,314	600	8086,43	847950_UKR_AUT
847950	12.01.2022	CAN	Canada	7,709	454	198493,88	847950_UKR_CAN
847950	12.01.2022	CHN	China	2,132	3800	54880,71	847950_UKR_CHN
847950	12.01.2022	DEU	Germany	3,185	4490	82009,76	847950_UKR_DEU
847950	12.01.2022	KOR	Rep. of Korea	0,624	85	16071,96	847950_UKR_KOR
847950	12.01.2022	TUR	Türkiye	11,463	15000	295147,25	847950_UKR_TUR
847950	12.01.2022	USA	USA	3,095	660	79700	847950_UKR_USA

Джерело: створено автором за допомогою ПЗ RStudio.

Загальну щомісячну інформацію отримано після об'єднання даних за усіма країнами.

```
ts_import_group <- ts_import %>% group_by(period) %>% summarise(value = sum(value))
```

На виході отримано числовий ряд по імпорту товару з кодом 847950 (промислові роботи) в Україну. Данні представлені у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Часовий ряд імпорту товару з кодом 847950 (промислові роботи) в Україну з 1.01.2010 по 1.12.2022

	Період	Імпорт дол. США		Період	Імпорт дол. США		Період	Імпорт дол. США		Період	Імпорт дол. США
1	01.2010	4037,22	29	06.2012	61,66	57	08.2016	16,30	85	12.2019	374,45
2	02.2010	1696,75	30	07.2012	58,25	58	09.2016	134,44	86	01.2021	57,46
3	04.2010	108,91	31	08.2012	62,24	59	10.2016	169,68	87	02.2021	267,48
4	05.2010	23,44	32	09.2012	350,32	60	11.2016	38,09	88	03.2021	811,22
5	06.2010	74,80	33	10.2012	275,43	61	12.2016	48,53	89	04.2021	551,67
6	07.2010	35,69	34	11.2012	10,58	62	01.2018	396,16	90	05.2021	362,16
7	08.2010	76,49	35	12.2012	2306,94	63	02.2018	213,25	91	06.2021	543,64
8	09.2010	192,26	36	01.2013	842,82	64	03.2018	702,38	92	07.2021	1319,70
9	10.2010	103,08	37	02.2013	378,94	65	04.2018	211,92	93	08.2021	682,19
10	11.2010	3042,70	38	03.2013	1052,74	66	05.2018	383,74	94	09.2021	109,43
11	12.2010	304,11	39	04.2013	274,85	67	06.2018	348,02	95	10.2021	265,25
12	01.2011	367,38	40	05.2013	605,90	68	07.2018	85,43	96	11.2021	689,72
13	02.2011	2,06	41	06.2013	401,13	69	08.2018	552,46	97	12.2021	100,37
14	03.2011	127,95	42	07.2013	2575,86	70	09.2018	604,37	98	01.2022	69,63
15	04.2011	617,46	43	08.2013	1093,96	71	10.2018	326,03	99	02.2022	304,47
16	05.2011	709,24	44	09.2013	44,47	72	11.2018	708,33	100	03.2022	181,47
17	06.2011	283,57	45	10.2013	31,28	73	12.2018	1038,05	101	04.2022	238,71
18	07.2011	1316,35	46	11.2013	33,96	74	01.2019	264,10	102	05.2022	72,28
19	08.2011	1051,05	47	12.2013	678,63	75	02.2019	447,83	103	06.2022	902,32
20	09.2011	76,92	48	01.2015	32,93	76	03.2019	134,06	104	07.2022	338,59
21	10.2011	703,67	49	02.2015	46,69	77	04.2019	1880,84	105	08.2022	475,67
22	11.2011	900,23	50	01.2016	134,13	78	05.2019	575,88	106	09.2022	154,79
23	12.2011	244,77	51	02.2016	228,40	79	06.2019	233,22	107	10.2022	51,44
24	01.2012	195,68	52	03.2016	188,17	80	07.2019	367,57	108	11.2022	77,27
25	02.2012	646,60	53	04.2016	214,66	81	08.2019	521,15	109	12.2022	734,39
26	03.2012	386,67	54	05.2016	157,23	82	09.2019	830,03			
27	04.2012	1430,20	55	06.2016	236,71	83	10.2019	638,71			
28	05.2012	635,56	56	07.2016	165,36	84	11.2019	1293,71			

Джерело: складено автором за допомогою ПЗ RStudio.

Далі відображаємо часовий ряд за допомогою функції `ggplot()` у графічному форматі:

```
openxlsx::write.xlsx(ts_import_group, "comtrade_data/trade_group.xlsx")
graf_data <- ggplot(ts_import_group, mapping=aes(x= period, y=value))
geom_point(color = "blue") + geom_line(color = "blue") + xlab("Період") +
ylab("Сумма") + theme_minimal()
```

Виведення графіку за допомогою `print(graf_data)` відображено на рис. 3.1.

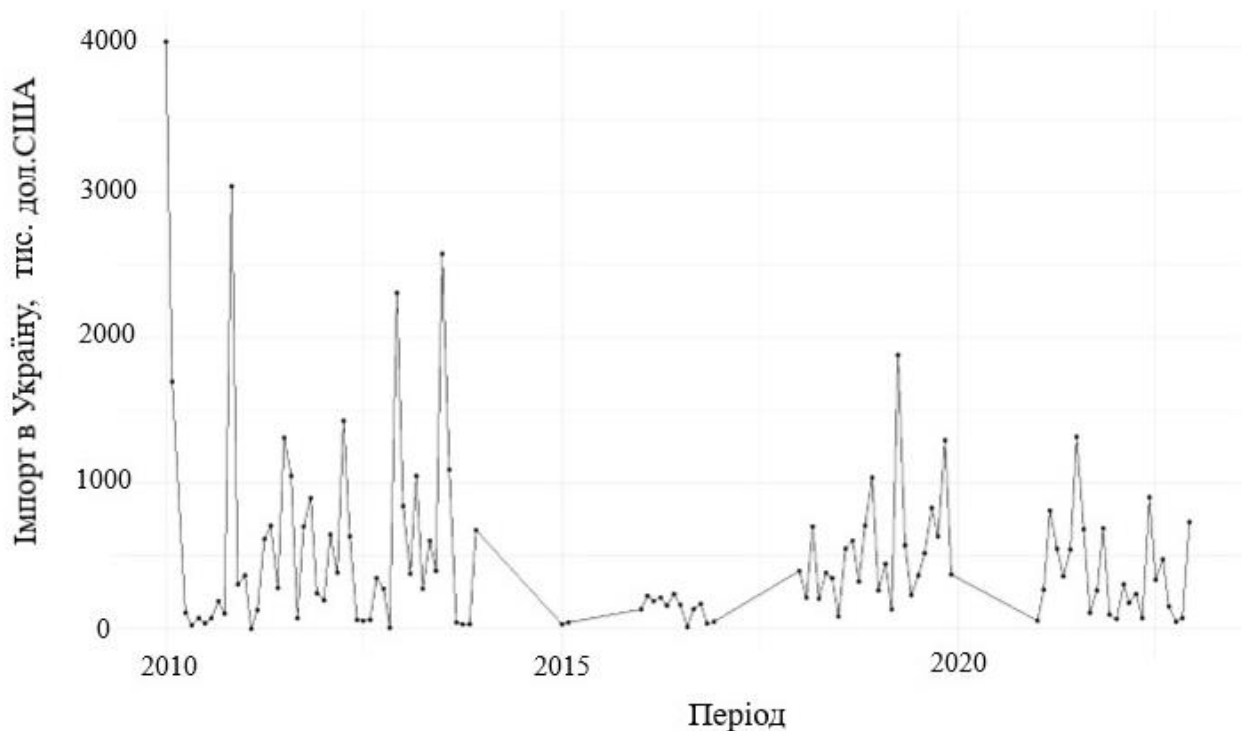


Рисунок 3.1 – Часовий ряд імпорту товару “промислові роботи” (код за HS – 847950) в Україну з 01.2010 по 12.2022

Джерело: побудовано автором в за даними [71].

Наступним кроком здійснено інтерполяцію часового ряду.

Інтерполяція – це статистичний метод, який використовується для побудови нових точок даних в межах вже відомих значень. В основі цього процесу лежить намагання знайти функцію, яка апроксимує залежність між вхідними та вихідними значеннями. Для досягнення цього метою використовуються різні методи, такі як лінійна, квадратична або кубічна інтерполяція. Цей процес широко використовується в областях, де важлива точність у відтворенні проміжних значень, наприклад, в геофізиці, обробці сигналів, комп’ютерній графіці та інших науках та інженерних галузях.

Інтерполяція може бути виконана за допомогою різноманітних алгоритмів, таких як метрична інтерполяція, сплайн-інтерполяція, та інші, що враховують різні аспекти задачі. У деяких випадках важливо також урахувати можливість появи артефактів або перепадів при використанні конкретних методів інтерполяції. Обрання відповідного методу визначається конкретним контекстом

завдання та вимогами до точності результатів. У цьому проекті використовується метод лінійної інтерполяції. Це метод в аналізі даних, при якому для визначення значення в проміжній точці використовуються лінійні залежності між двома сусідніми точками.

Лінійна інтерполяція – це метод в аналізі даних, при якому для визначення значення в проміжній точці використовуються лінійні залежності між двома сусідніми точками.

Заповнюємо відсутні значення часового ряду:

```
df_date <- data.frame(start_date = paste0(2010:2022, "-", "01"), end_date =  
paste0(2010:2022, "-", "12")) start_date <- as.Date("2010-01-01") end_date <-  
as.Date("2022-12-31")
```

На рисунку 3.1 помітні значні коливання між місяцями, тому необхідно провести згладжування часового ряду із використанням методу ковзних середніх (Moving Average). Це метод допомагає згладити часовий ряд, видаляючи короткострокові коливання й аномальні значення. Метод ковзного середнього є аналітичним інструментом, використовуваним для вирішення проблем аналізу часових рядів та статистики. В його основі лежить ідея обчислення середнього значення змінних в певному періоді, яке “рухається” або зміщується по мірі просування в часі. Цей метод допомагає згладжувати варіації в даних та виділяти основні тенденції, спрощуючи сприйняття динаміки часового ряду. Цей метод полягає в заміні кожного значення ряду на середнє значення у вікні заданої ширини. Це допомагає згладити часовий ряд, видаляючи короткострокові коливання та аномальні значення. Якщо розмір інтервалу дорівнює п’яти, то середнє обчислюється з використанням поточного значення ряду, двох попередніх, і двох наступних.

Метод ковзної середньої часто використовується для згладжування короткострокових коливань і виявлення довгострокових тенденцій. [49]

```
window_size <- 5 ts_import_group_compl$value_rol <- rollmean(  
ts_import_group_compl$value, k = window_size, fill = NA)
```

Згладжений графік часового ряду імпорту в Україну товару (HS-847950) –

промислові роботи приведено на рисунку 3.2.

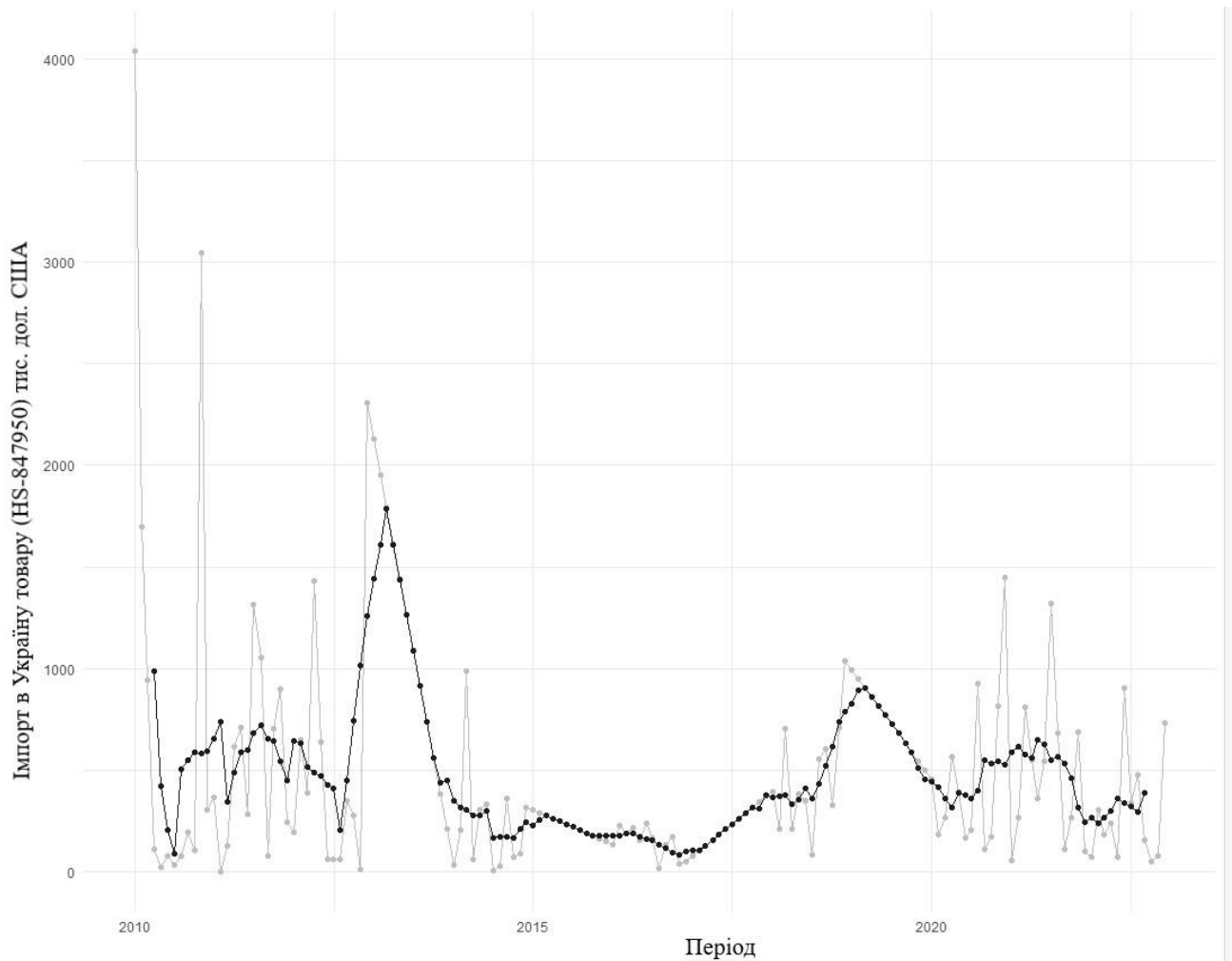


Рисунок 3.2 – Згладжений часовий ряд імпорту в Україну товару (HS-847950) методом ковзної середньої з вікном 5.

Джерело: побудовано автором в ПЗ RStudio за даними [71].

Метод пошуку аномалій у часовому ряду є важливим інструментом в області аналізу даних, призначеним для виявлення невідповідностей відхилень від типового патерну часового ряду.

Цей метод використовується для ідентифікації несподіваних, незвичайних або аномальних подій, які можуть вказувати на проблеми, важливі події або непередбачувані зміни в даних. Його застосування особливо актуальне в областях, де важлива вчасна реакція на виникнення виняткових ситуацій, таких як у фінансах, медицині, виробництві та транспорті. Пошук аномалій дозволяє виявляти артефакти, помилки в даних або несподівані зміни, що може вказувати

на потенційні ризики або можливості. Для використання цього методу необхідно враховувати специфіку конкретної області і вибирати відповідні статистичні або машинно-навчальні методи для ефективного виявлення аномалій. Пошук аномалій є важливим етапом в аналізі часових рядів для забезпечення надійності та точності вирішення завдань прогнозування та управління.

Для виявлення аномальних значень використовуємо пакет Anomalize. В RStudio пакет Anomalize використовується для виявлення та візуалізації аномалій у часових рядах. Цей пакет використовує ряд статистичних методів для виявлення відхилень від звичайного патерну в динаміці даних. Принциповою особливістю методу Anomalize є використання методів декомпозиції часових рядів, зокрема STL-декомпозиції (Seasonal and Trend decomposition using Loess), для видалення сезонних та трендових компонент часового ряду[37].

Після виконання декомпозиції часового ряду, метод Anomalize використовує статистичні методи, такі як рухоме середнє або експоненційно згладжене середнє, для моделювання нормального патерну динаміки. Потім визначаються аномалії, які виходять за межі цього модельованого патерну. Результатом роботи Anomalize є часовий ряд аномалій, де кожне значення вказує на величину відхилення від очікуваного. Також надається графічна візуалізація аномалій, яка допомагає аналізувати та інтерпретувати виявлені відхилення (рис. 3.3 та 3.4).

Внесення відсутніх значень `ts_import_group_compl <- ts_import_group %>% complete(period = seq(start_date, end_date, by = "month"))`

Виявлення аномальних значень за допомогою функції Anomalize: `mutate(anomaly = anomalize::iqr(value, alpha = 0.1)) -> ts_import ts_import %>% ggplot(aes(x = period, y = value_interpolation)) + geom_line(color = "steelblue2") + geom_point(aes(shape = anomaly, color = anomaly)) + scale_color_manual(values = c("Yes" = "indianred", "No" = "steelblue2")) + facet_wrap(~ts_code, scales = 'free_y')`

Результат роботи функції відображено на рисунках 3.3 та 3.4.

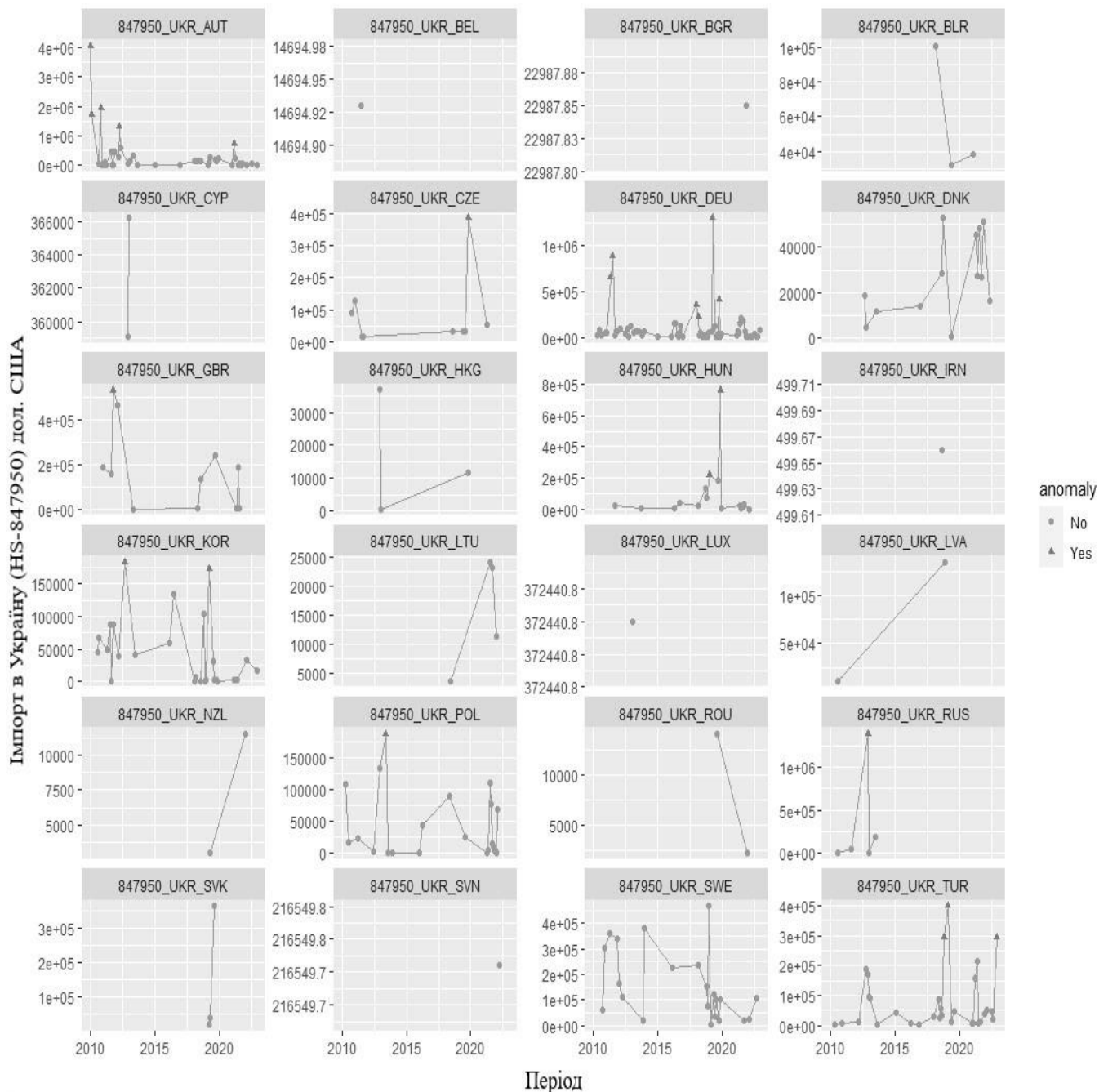


Рисунок 3.3 – Аномальні значення імпорту в Україну товару (HS-847950) промислові роботи за країнами. Частина перша.

Джерело: побудовано автором в ПЗ RStudio за даними [71].

Використання методу Anomalize в RStudio дозволяє дослідникам та аналітикам ефективно виявляти та вивчати аномалії в часових рядах, що може бути корисним в багатьох областях, включаючи фінанси, виробництво, економіку та інші [37].

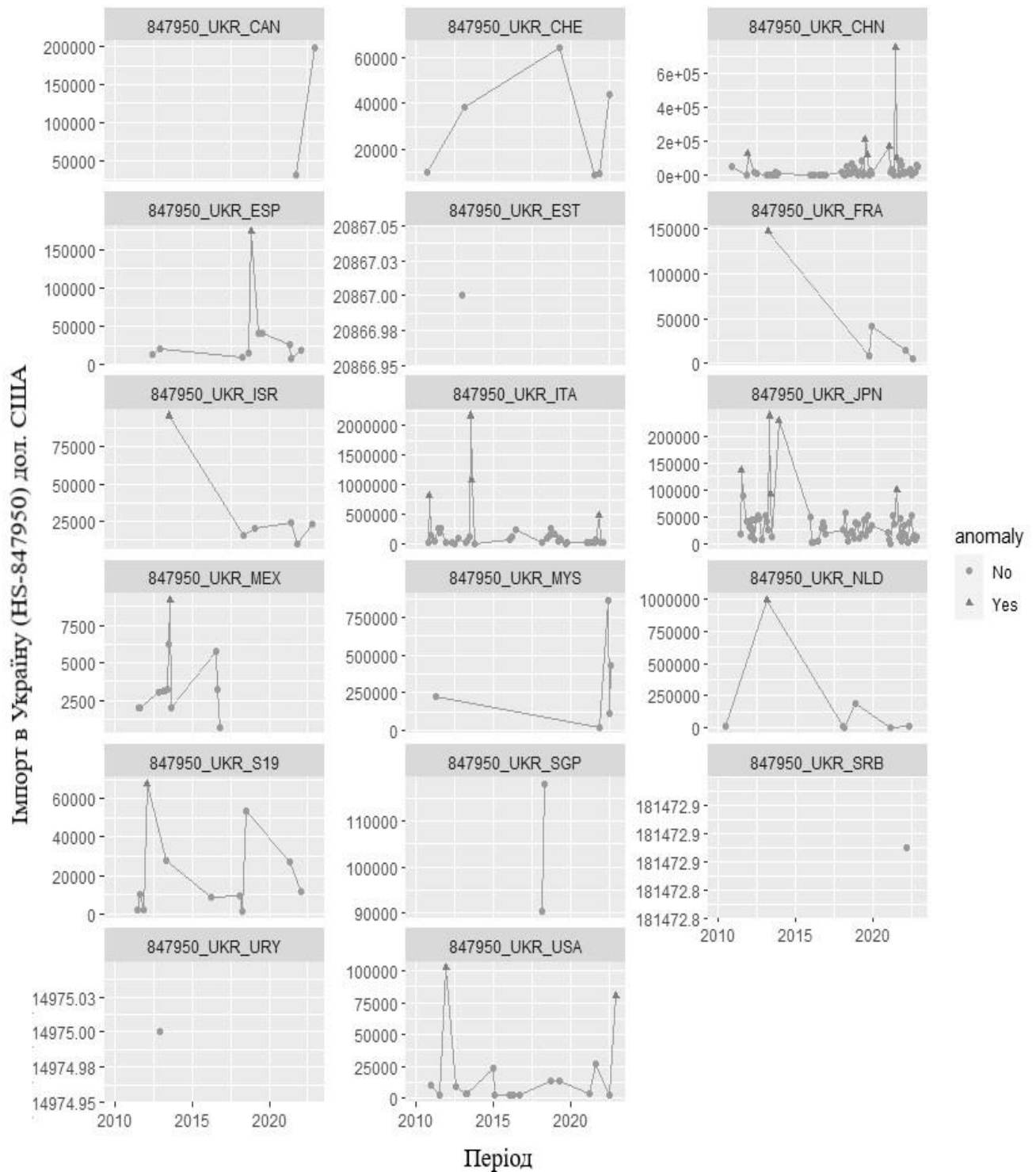


Рисунок 3.4 – Аномальні значення імпорту в Україну товару (HS-847950) промислові роботи за країнами. Частина друга.

Джерело: виконано автором в ПЗ RStudio за даними [71], що представлені в додатку Д.

Виявлення та видалення аномальних значень передувало проведенню аналізу сезонності та тенденцій досліджуваних часових рядів імпорту в Україну та країни світу товару “промислові роботи”.

3.2. Аналіз сезонності та тенденцій імпорту в Україну та країни світу товару “промислові роботи”

Вивчення процесів зміни та розвитку подій у часі здійснюється шляхом аналізу та конструювання динамічних рядів. Динамічний (часовий) ряд представляє собою набір значень статистичних показників, впорядкованих за хронологічним принципом. Його можна подати у вигляді таблиці чи графіка, де по осі абсцис відображена шкала часу, а по осі ординат – шкала рівнів ряду. Склад динамічного ряду включає в себе два основних компонента:

- рівні ряду: числові значення статистичних показників, що характеризують об’єкт дослідження на конкретний момент чи період часу;
- моменти або періоди часу, які відповідають відповідним рівням ряду.

Статистичні показники (рівні) у динамічних рядах можуть бути абсолютними, відносними або середніми величинами.

Для проведення аналізу динамічного ряду використовується інтервальний ряд, що охоплює показники імпорту в Україну з січня 2011 року по грудень 2022 року.

Всі значення цих показників наведені в таблиці 3.5 та 3.6 і позначені рік-місяць, від січня 2011 року до листопада 2022 року включно.

У зв’язку з різноманітними проблемами відсутні дані про імпорт України з країн-торгових партнерів за березень-грудень 2015 року та березень-червень і грудень 2019 року. Ці дані також відсутні на сайті митної служби України [7].

Відповідно до цього відсутні дані були отримані у попередньому підрозділі, а також додатково були розраховані автором.

Розрахунок відсутніх даних за березень-грудень 2015 року здійснювався на основі середньої величини за відповідний місяць суміжних років – 2014 року і 2016 року.

Таблиця 3.5 – Імпорт в Україну товару промислові роботи (код за HS-17 – 847950) у 2011–2016 рр.

Часовий період	Імпорт в Україну товару промислові роботи, тис. дол. США					
Рік Місяць	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Січень	367,38	195,68	842,82	12,70	79,76	134,13
Лютий	2,06	646,60	378,94	303,67	417,87	228,40
Березень	127,95	386,67	1052,74	620,46	714,54	188,17
Квітень	617,46	1430,20	274,85	58,53	165,86	214,66
Травень	709,24	635,56	605,90	50,64	129,25	157,23
Червень	283,57	61,66	401,13	33,88	152,23	236,71
Липень	1316,35	58,25	2575,86	337,42	420,10	165,36
Серпень	1051,05	62,24	1093,96	119,93	128,08	16,30
Вересень	76,92	350,32	44,47	7,71	74,93	134,44
Жовтень	703,67	275,43	31,28	11,09	95,92	169,68
Листопад	900,23	10,58	33,96	42,38	61,42	38,09
Грудень	244,77	2306,94	678,63	22,01	46,28	48,53

Джерело: побудовано автором за даними [71].

Таблиця 3.6 – Імпорт в Україну товару промислові роботи (код за HS-17 – 847950) у 2017–2022 рр.

Часовий період	Імпорт в Україну товару промислові роботи, тис. дол. США					
Рік Місяць	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Січень	46,14	396,16	918,78	720,70	57,46	69,63
Лютий	220,83	213,25	184,61	77,98	267,48	304,47
Березень	445,27	702,38	1107,99	756,80	811,22	181,47
Квітень	112,57	211,92	166,59	60,63	551,67	238,71
Травень	158,70	383,74	313,77	121,90	362,16	72,28
Червень	18,13	348,02	233,77	59,77	543,64	902,32
Липень	42,74	85,43	102,41	59,69	1319,70	338,59
Серпень	30,81	552,46	377,87	101,65	682,19	475,67
Вересень	120,53	604,37	403,20	101,02	109,43	154,79
Жовтень	50,88	326,03	402,39	239,38	265,25	51,44
Листопад	229,51	708,33	474,95	120,79	689,72	77,27
Грудень	244,77	2306,94	678,63	22,01	46,28	48,53

Джерело: побудовано автором за даними [71].

Багато соціальних явищ мають виражений сезонний характер, проявляючи коливання протягом року. У певні місяці рівень цих явищ зростає, в інші – зменшується. Наприклад, споживання палива у весняно-літні місяці зазвичай перевищує витрати восени та взимку, а ціни на сільськогосподарську продукцію на ринку можуть значно коливатися протягом року. Такі періодичні зміни, пов'язані з впливом природних факторів, особливо актуальні у сільському господарстві.

Необхідність розрахунку середніх показників для кожного місяця обумовлена впливом випадкових коливань на місячні дані. Після цього проводиться визначення відсоткового відношення середніх значень для кожного місяця до загального середнього рівня.

Данні розрахунки наведенні в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок індексу сезонності імпорту в Україну товару промислові роботи(код за HS-17 – 847950) у 2011–2022 р.

Місяць	Загальна вартість імпорту за 12років (2011 – 2022 рр.), тис. дол. США	Середня вартість імпорту за місяць, тис. дол. США	Індекс сезонності, %
Січень	3841,33	320,11	89,48
Лютий	3246,16	270,51	75,62
Березень	7095,67	591,31	165,29
Квітень	4103,64	341,97	95,59
Травень	3700,37	308,36	86,20
Червень	3274,81	272,90	76,28
Липень	6821,90	568,49	158,91
Серпень	4692,19	391,02	109,30
Вересень	2182,13	181,84	50,83
Жовтень	2622,43	218,54	61,09
Листопад	3387,24	282,27	78,90
Грудень	6547,46	545,62	152,52
Загальне середнє	X	320,11	X

Джерело: розраховано і узагальнено автором за даними [71].

Враховуючи вплив випадкових коливань на місячні дані, необхідно провести розрахунок середніх показників за триріччя для кожного місяця. Далі визначається відсоткове співвідношення середніх значень кожного місяця до загального середнього рівня.

Індекс сезонності (I_c) розраховується за формулою 3.1 і наведено у таблиці 3.5.

$$I_c = \frac{y_{сер i}}{y_{сер}} * 100\% \quad (3.1)$$

де $y_{сер i}$ – середня для кожного місяця за 12 років;
 $y_{сер}$ – загальний середній рівень за три роки.

За допомогою програми Excel побудуємо пелюсткову діаграму індексу сезонності імпорту в Україну товару промислові роботи(код за HS-17 – 847950) у 2011–2022р. (див. рис. 3.5).

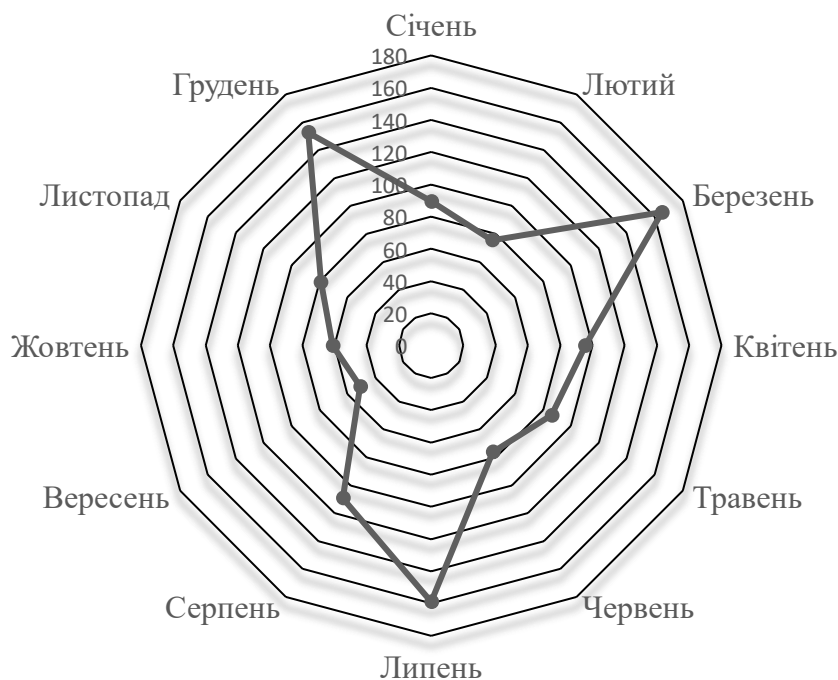


Рисунок 3.5 – Індеси сезонності імпорту в Україну промислових робіт у 2011–2022рр.

Джерело: побудовано на основі власних розрахунків.

Дані індексу сезонності імпорту промислових робіт в Україну з 2011 по 2022 роки вказують на значущі коливання в місячних обсягах імпорту. Давайте розглянемо основні висновки та тенденції. Березень має найвищий індекс сезонності (165,29%), що свідчить про велике зростання імпорту в цьому місяці порівняно з середнім рівнем. Серпень має другий за величиною індекс сезонності (109,30%), що вказує на значне підвищення імпорту у цей місяць. Схоже, що серпень також є періодом підвищеної активності в імпорті промислових робіт. Вересень має найнижчий індекс сезонності (50,83%), що свідчить про суттєве зниження імпорту у цьому місяці. Квітень, травень та грудень також мають високі індекси сезонності, вказуючи на значні зміни в цих місяцях порівняно з середнім рівнем.

Можна припустити, що значна активність імпорту в Україну промислових робіт у кінці року на весні і в літку пов'язана з плановою модернізацією чи плановим впровадженням новітніх технологій у виробництво. Коли підприємці розуміють річний прибуток і можуть інвестувати певні кошти в модернізацію чи запуск нових технологічних процесів.

Сезонність, як явище, несе в собі негативні аспекти, оскільки вона призводить до нерівномірності виробничих процесів, зниження продуктивності праці та підвищення собівартості виробництва. Подолання сезонності є важливим завданням для підвищення економічної ефективності виробництва. Таким чином, дослідження сезонності та кількісний вимір її коливань (сезонної хвилі) стають ключовими завданнями аналізу динаміки.

Імпорт в Україну промислових робіт з різних країн світу відрізняється як по кількості, так і по сумі, для полегшення аналізу часових рядів згрупуємо всі країни імпортери у окремі групи.

Групування часових рядів – це метод аналізу даних, що використовується для класифікації часових рядів відповідно до схожості їхньої динаміки чи інших властивостей.

Цей підхід використовується з метою виділення груп або кластерів, що мають схожі характеристики, що може спростити подальший аналіз та інтерпретацію даних.

Групування часових рядів стає особливо важливим у випадках, коли велика кількість рядів аналізуються, і важко зручно визначити їхні закономірності.

Цей метод використовує різноманітні алгоритми групування, такі як ієрархічне групування, метод k-середніх, для визначення схожих груп часових рядів. Групування може бути застосовано в різних галузях, включаючи фінанси, медицину, прогнозування, де розуміння закономірностей або виявлення спільних тенденцій між рядами може виявитися важливим. Застосування групування часових рядів дозволяє використовувати підходи машинного навчання для автоматизованого аналізу великих обсягів даних, що може виявитися ефективним для розуміння динаміки та виявлення взаємозв'язків між різними групами часових рядів.

Для групування часових рядів за допомогою кластеризації у ПЗ RSudio використовується бібліотека dwtclust. Багато алгоритмів, реалізованих у цьому пакеті, спеціально розроблено для динамічного викривлення часу, звідси і його назва. Однак основна функція кластеризації є гнучкою, що дає змогу тестувати безліч різних підходів до кластеризації, використовуючи або безпосередньо часові ряди, або застосовуючи відповідні перетворення, а потім кластеризуючи в отриманому просторі [39].

За допомогою функції tsclust згруповано країни імпортери у шість окремих груп використовуючи ієрархічний кластерний аналіз рисунок 3.6 та 3.7.

Код запиту для реалізації описаних дій представлено нижче.

```
library(dtwclust)

mutate(value_interpolation = log(value_interpolation)) %>% pivot_wider (names_from
= ts_code, values_from = value_interpolation) %>% arrange(period) %>% select(-
period) %>% as.list() %>% lapply(function(x) x[is.na(x) == FALSE])

cluster_model <- tsclust( series_list, k = 2:6,
# кількість кластерів type = "hierarchical",
```

тип кластеризації distance = “dtw”,

міра відстані seed = 42, control = hierarchical_control(method = c(“ward.D2”,
“single”, “complete”, “average”)))

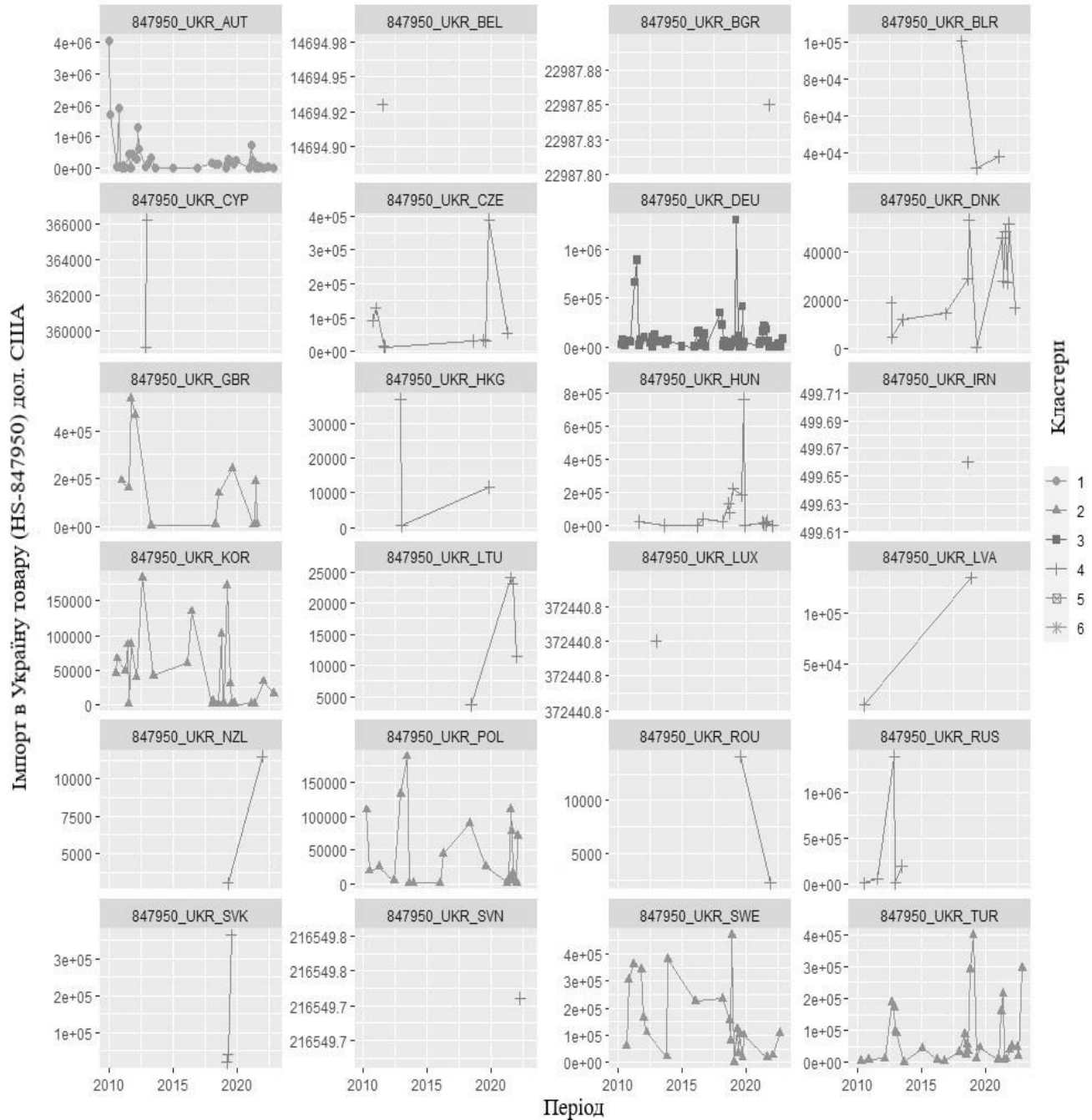


Рисунок 3.6 – Групування країн світу за вартістю імпорту в Україну товару промислові роботи (HS-847950). Частина перша.

Джерело: побудовано в ПЗ RStudio за даними [71].

Для групування країн у окремі кластери було використано ієрархічний

метод кластеризації. Ієрархічний кластерний аналіз або ІКА – це алгоритм кластеризації без контролю, що передбачає створення кластерів із переважним упорядкуванням зверху вниз.

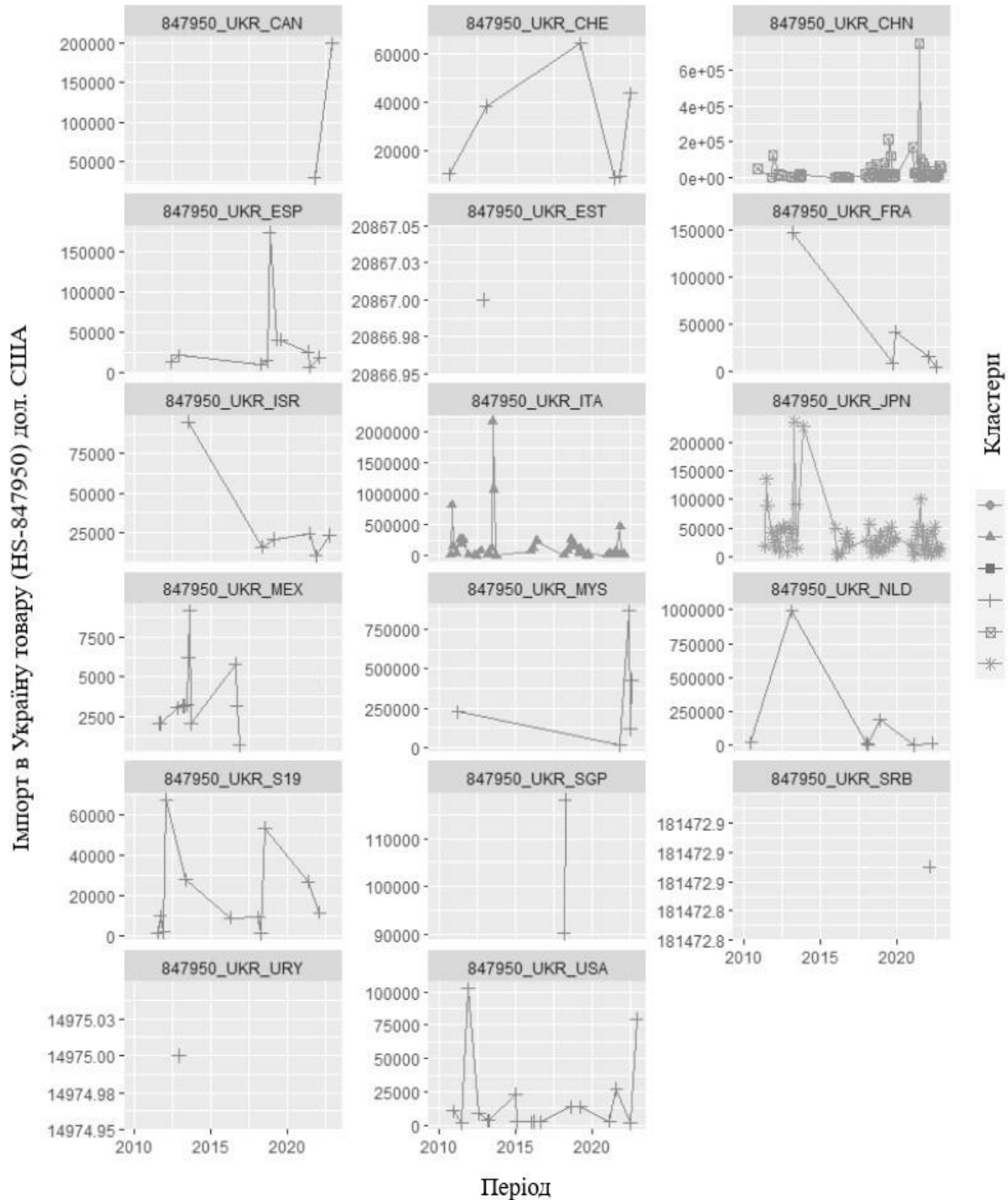


Рисунок 3.7 – Групування країн світу за вартістю імпорту в Україну товару (HS-847950) промислові роботи. Частина друга.

Джерело: побудовано автором в ПЗ RStudio на основі даних [71].

Алгоритм об'єднує схожі об'єкти в групи, звані кластерами. Кінцевою точкою є набір кластерів або груп, де кожен кластер відрізняється від іншого кластера, а об'єкти всередині кожного кластера загалом схожі один на одного. Ця техніка кластеризації поділяється на два типи агломеративна ієрархічна кластеризація та роздільна ієрархічна кластеризація.

Агломеративна ієрархічна кластеризація – це найпоширеніший тип ієрархічної кластеризації, що використовується для об'єднання об'єктів у кластери на основі їхньої схожості. Він також відомий як AGNES (Agglomerative Nesting). Це підхід “від низу до верху”: кожне спостереження починається у своєму власному кластері, а пари кластерів об'єднуються в міру просування по ієрархії [65].

На рисунках 3.6 та 3.7 відзначається виразно виділені групи країн. Специфічно, Австрія, Німеччина, Китай і Японія утворюють окремі кластери, який визначається як група найбільших країн-імпортерів товару (HS-847950) – промислових роботів в Україну.

Враховуючи дані рисунків, можемо також спостерігати, що Велика Британія, Корея, Польща, Швеція, Туреччина та Італія об'єднуються в інший визначений кластер, в той час як всі інші країни входять у відокремлений кластер.

Варто зауважити, що це групування дозволяє нам визначити схожість у торговельних партнерах та розподілі імпортованих товарів, сприяючи подальшому аналізу та розумінню геополітичних та економічних зв'язків між країнами. Результати дослідження виявили певні відмінності в структурі та тенденціях торгівлі, що вказує на важливі аспекти глобальної економічної динаміки.

3.3. Застосування сингулярного спектрального аналізу для прогнозування динаміки розвитку та впровадження в Україні технологій автоматизації

У цьому розділі здійснено прогнозування впровадження в Україні технологій автоматизації, використовуючи данні імпорту промислових роботів в Україну, використовуючи метод сингулярного спектрального аналізу (SSA). Мотивацією для використання SSA є його універсальність у роботі як зі стаціонарними, так і нестаціонарними рядами, а також його непараметричний характер, який не передбачає певних припущень про дані.

Сингулярний спектральний аналіз (SSA) був розроблений для дослідження часових рядів. SSA представляє собою новий підхід, який успішно використовується у вирішенні різноманітних завдань, таких як аналіз класичних часових рядів, багатовимірної статистики, геометрії, динамічних систем і обробки сигналів. Сфери можливого використання SSA різноманітні, охоплюючи такі галузі, як математика, фізика, економіка та фінансова математика. Будь-який складний часовий ряд з потенційною структурою може слугувати прикладом успішного використання SSA [66].

Основний процес SSA включає два взаємодоповнюючі етапи: декомпозицію та реконструкцію. На першому етапі ряди розкладаються, а на другому етапі вони реконструюються, використовуючи реконструйовані ряди для прогнозування нових точок даних. Ключовим поняттям при дослідженні властивостей SSA є “роздільність”, яка вказує, наскільки ефективно можна розділити різні компоненти один від одного.

В рядах зі складною структурою часто відсутня приблизна роздільність. Для таких рядів і рядів із спеціальною структурою існують різні способи модифікації SSA, що призводить до різних версій цього методу [66].

Важливо відзначити, що, незважаючи на використання деяких ймовірнісних та статистичних концепцій, методи, засновані на SSA, не

вимагають здійснення будь-яких статистичних припущень, таких як стаціонарність ряду чи нормальність залишків. SSA є надзвичайно корисним інструментом, придатним для розв'язання різноманітних завдань, таких як:

- виявлення трендів різного характеру;
- згладжування;
- виділення компонентів сезонності;
- одночасне виділення циклів з короткими та довгими періодами;
- виділення періодичностей зі змінними амплітудами;
- одночасне виділення складних трендів і періодичностей;
- виявлення структури в коротких часових рядах.

Вирішення цих завдань відповідає базовим можливостям SSA. Крім того, метод включає кілька значущих розширень. По-перше, багатоваріантний підхід дозволяє одночасно розширювати кілька часових рядів. По-друге, ідеї SSA призводять до розробки кількох процедур прогнозування часових рядів.

Крім цього, ті ж самі концепції використовуються для визначення моменту зміни в часових рядах і для порівняння з класичними методами, такими як ARIMA, алгоритм ARAR і Holt-Winter. Щодо автоматичних методів ідентифікації, в рамках SSA вони застосовуються у програмному забезпеченні “Caterpillar”-SSA.

Найперші публікації, де розкриті ключові ідеї SSA і, в більш широкому контексті, просторові методи обробки сигналів, були сформульовані ще в XVIII столітті. Всі ці роботи присвячені так званій методології “Caterpillar”. Ця методологія представляє собою варіант SSA, розроблений в колишньому Радянському Союзі незалежно від основної SSA.

Основна відмінність між основним напрямом SSA та “Caterpillar-SSA” полягає не тільки в алгоритмічних деталях, але й у припущеннях та акценті на вивченні властивостей SSA. Для застосування основного напрямку SSA часто необхідно припускати певний рівень стаціонарності часового ряду та розглядати його у термінах моделі “сигнал плюс шум” (де шум часто вважається “червоним”, а не просто “білим”). У “Caterpillar-SSA” основним методологічним

поняттям є роздільність. В результаті ми спостерігаємо не лише багато різних варіантів SSA, але і загальну методологію, відому як “сингулярний спектральний аналіз”. Ця методологія об’єднує всі ці варіанти SSA в потужний інструмент для аналізу часових рядів і прогнозування [66].

Метод “Caterpillar” представляє собою безмодельний підхід до аналізу часових рядів, який об’єднує переваги інших методів, таких як аналіз Фур’є та регресійний аналіз, із простотою візуального контролю. Використання підходу “Caterpillar”-SSA дозволяє досліджувати часові ряди в різних областях, де може бути присутня тенденція або періодична поведінка.

За допомогою техніки “Caterpillar”-SSA можна вирішити різноманітні завдання, такі як:

- пошук трендів різної роздільної здатності;
- згладжування;
- виділення компонентів сезонності;
- виявлення точки зміни;
- одночасне виділення циклів з коротким і довгим періодом;
- одночасне виділення складних тенденцій і періодичностей;
- виділення періодичностей зі змінними амплітудами;
- знаходження структури в коротких часових рядах;
- продовження часових рядів.

Також була розроблена та успішно протестована модифікація сингулярного спектрального аналізу для часових рядів із відсутніми даними. Цей метод може бути використаний для фільтрації низьких частот у неповних часових серіях.

SSA має на меті розкладання вихідного ряду на суму обмеженої кількості незалежних та інтерпретованих компонентів, таких як повільно змінний тренд, коливальні компоненти та безструктурний шум. Метод “Caterpillar”-SSA є корисним інструментом для аналізу часових рядів різної природи: коротких і довгих, одновимірних і багатовимірних, стаціонарних і нестаціонарних, детермінованих і зашумлених. Цей метод успішно використовується для виявлення періодичного руху, визначення амплітуди та частоти, а також

ідентифікації хаотичного руху.

Застосування цього методу для прогнозування впровадження технологій автоматизації в Україні здійснено за даними щомісячного часового ряду імпорту в Україну товару з кодом (HS-847950) (промислові роботи), який представлений на рисунку 3.8. отримані за допомогою програмного продукту CaterpillarSSA. Статистичні дані, використані для прогнозування, наведені в Додатку Д.

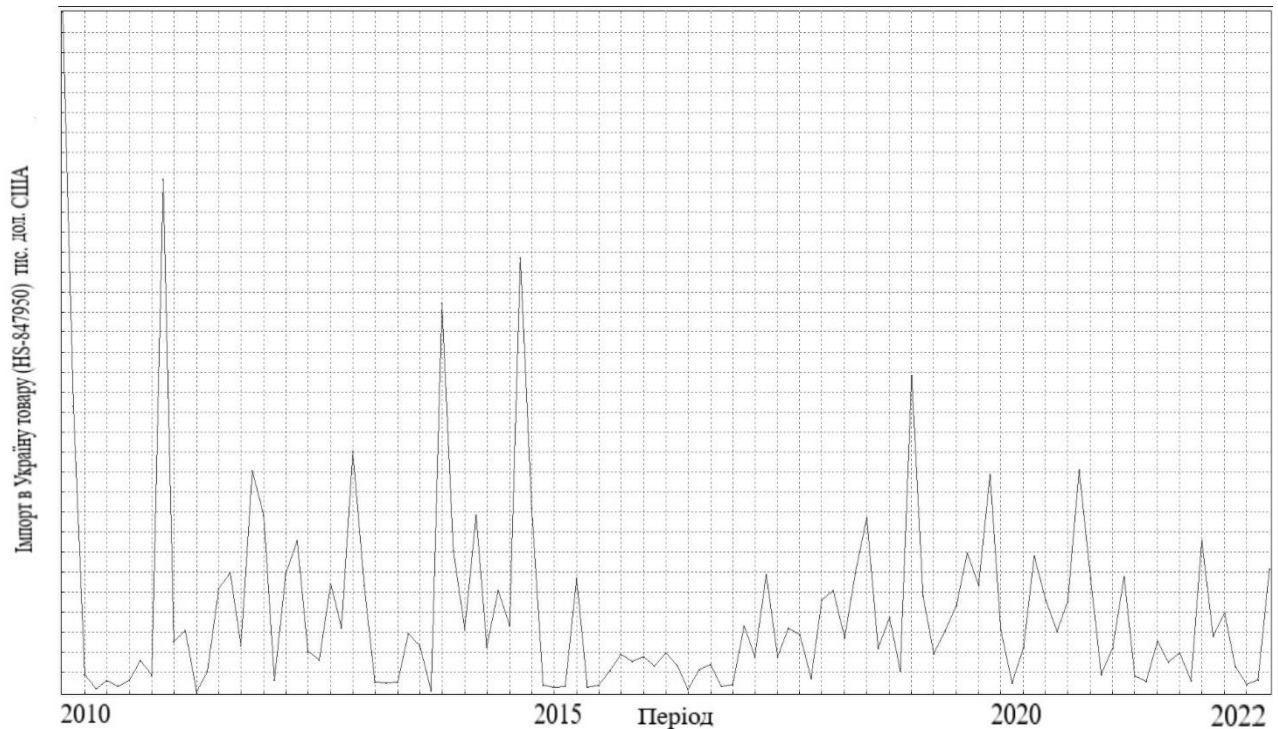


Рисунок 3.8 – Імпорт в Україну товару з кодом (HS-847950) промислові роботи з 2011 по 2022р.

Джерело: побудовано автором за допомогою програми CaterpillarSSA.

Алгоритм цього методу складається з чотирьох послідовних кроків: вкладення, сингулярне розкладання, угруповання і діагональне усереднення. Для аналізу часового ряду F довжиною N вибирається параметр L , що є довжиною вікна, такий, що $1 < L < N$. У результаті утворюється $K = N - L - 1$ векторів вкладення. Процедура вкладення перетворює вихідний часовий ряд F в матрицю X розмірністю $L \times K$, яка представляє собою послідовність багатовимірних векторів, які утворюють траєкторну матрицю.

Для реалізації етапів сингулярного спектрального аналізу ми використовуємо сучасний програмний пакет CaterpillarSSA. Цей метод привертає увагу своєю оригінальністю алгоритму, який дозволяє легко виділити основні компоненти з ряду та абстрагуватися від сильних коливань неекономічного характеру. Процес полягає в перетворенні одновимірний ряд в багатовимірний за допомогою сингулярного розкладання траєкторної матриці, подальшому вивченні отриманої багатовимірної траєкторії методом головних компонент і поверненні до початкового одновимірний ряд [66].

На рисунку 3.9 показані головні компоненти трансформованого часового ряду імпорту в Україну товару з кодом (HS-847950) промислові роботи, які відповідають окремо виділеним адитивним компонентам.

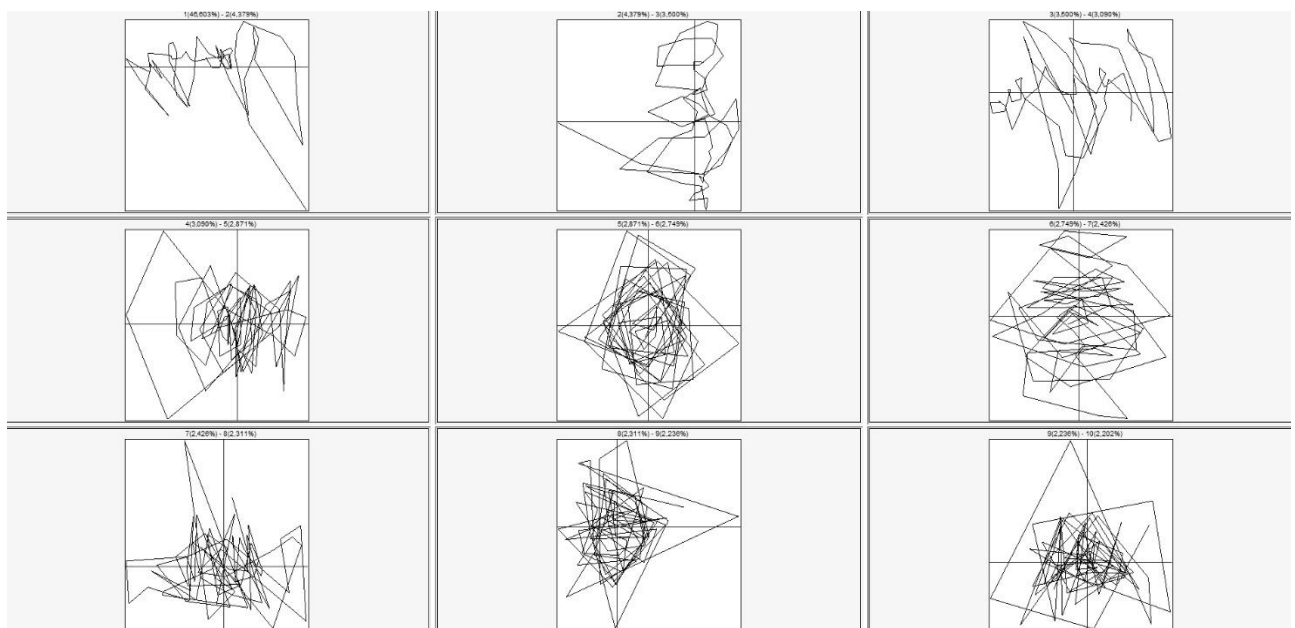


Рисунок 3.9 – Головні компоненти трансформованого часового ряду імпорту в Україну товару промислові роботи (кодом HS-847950).

Джерело: побудовано автором за допомогою програми CaterpillarSSA.

SSA розкладає ряд на складові частини та реконструює його, залишаючи випадковий компонент позаду. У цьому дослідженні ми використовуємо критерій напрямку зміни, щоб вказати на ту частку прогнозів, які правильно передбачають напрямок руху серії. Нарешті, для кращого розуміння точності прогнозування,

ми досліджуємо кумулятивний розподіл абсолютних похибок різних методів прогнозування, що застосовуються у цьому дослідженні [66].

Далі проводиться обчислення автокореляційної матриці S , яка отримується шляхом множення матриці X на її транспоновану матрицю X^T . На етапі сингулярного розкладання траєкторної матриці вона розкладається на суму елементарних матриць. Коли $U_1, U_2, \dots, U_L$ - це ортонормована система власних векторів матриці S , сингулярне розкладання траєкторної матриці X може бути представлено в такий спосіб:

$$X = \sum V_i, \text{ де } V_i = U_i \cdot U_i^T \cdot X; i = 1, \dots, L. \quad (3.2)$$

Графіки кореляційної матриці, побудовані за допомогою програми CaterpillarSSA, можна побачити на рисунку 3.10.

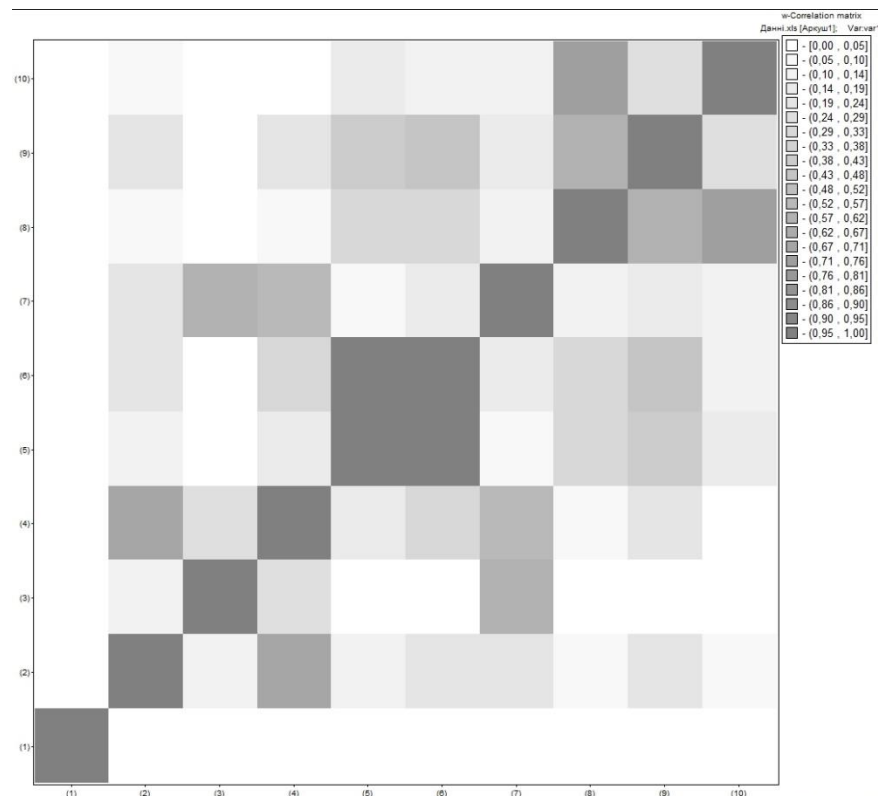


Рисунок 3.10 – Кореляційна матриця часового ряду імпорту в Україну товару з кодом (HS-847950) промислові роботи.

Джерело: побудовано автором за допомогою програми CaterpillarSSA.

На етапі угруповання вихідний ряд розбивається на шум, тренд і періодику. З усіх матриць вибираються найбільш значущі елементи. Ключовим критерієм угруповання є значущість кожної елементарної матриці V_k . На завершальному етапі діагонального усереднення алгоритму кожна відібрана матриця V_i розкладається на ряд довжини N . Таким чином, результатом алгоритму є розкладання часового ряду на інтерпретовані адитивні компоненти.

Далі за допомогою програми CaterpillarSSA будуємо графіки прогнозних даних на 9 місяців, які представлено на рис. 3.11.

Щоб забезпечити значущий прогноз, потрібно враховувати дві основні та загальні умови. По-перше, послідовність, яку маємо передбачити, повинна мати визначену структуру, і метод прогнозування повинен відповідати цій структурі. Друга умова включає додаткове збереження структури часового ряду.

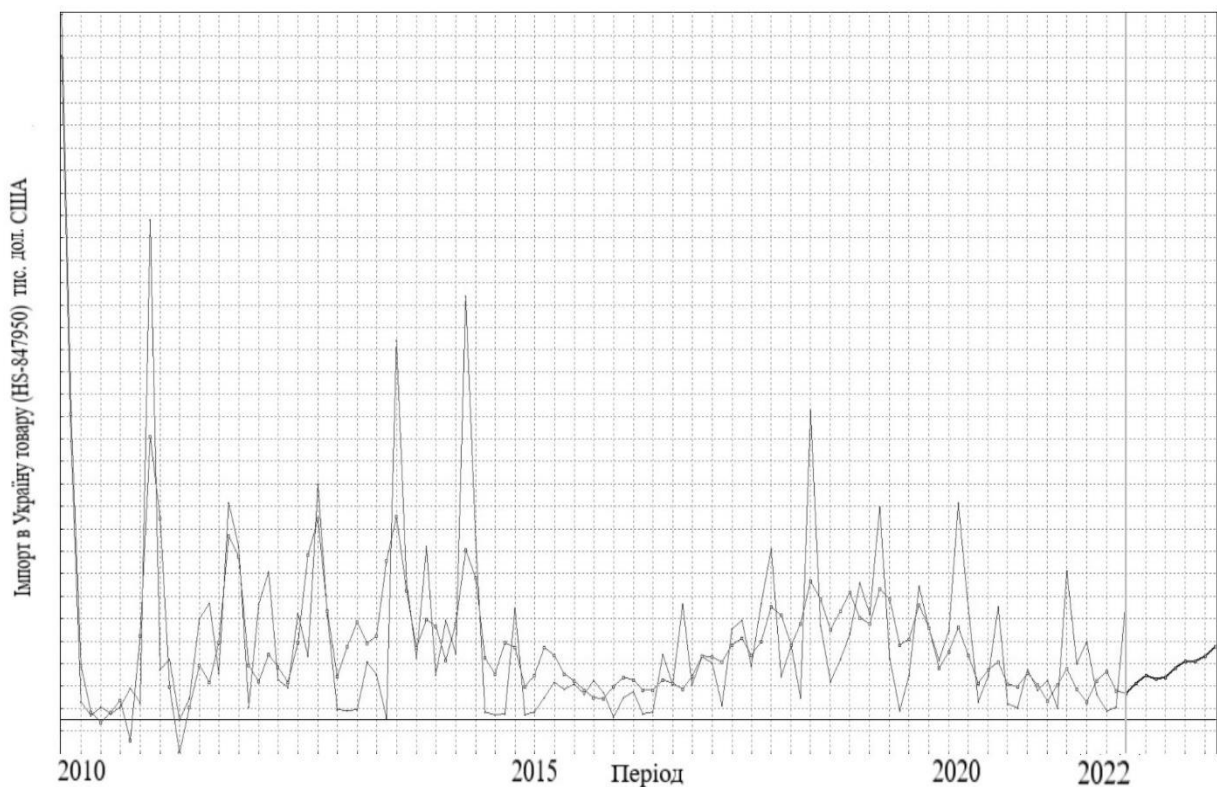


Рисунок 3.11 – Фактичні дані та ретроспективний прогноз імпорту в Україну товару промислової роботи (код за HS – 847950) на 9 місяців 2023 р.

Джерело: побудовано автором за допомогою програми CaterpillarSSA.

Важливим аспектом є визначення точності прогнозу, яка вимірюється близькістю прогнозованих значень до фактичних спостережень. Для характеристики цієї близькості використовуються такі показники, як середнє квадратичне відхилення (або дисперсія), коефіцієнт детермінації, середня відносна помилка апроксимації, максимальне відхилення тощо.

У кваліфікаційній роботі використовується показник середнього абсолютного значення помилки, який обчислюється за формулою 3.2.

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_i^*|}{n} \quad (3.2)$$

де y - фактичне значення часового ряду, y^* - прогнозоване значення.

Оцінювання точності прогнозу зазвичай відбувається за допомогою вимірювання його похибки, яка представляє собою різницю між прогнозованим і фактичним значенням досліджуваної змінної (див. табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Фактичні дані, ретроспективний прогноз та похибка прогнозу імпорту в Україну товару промислові роботи (кодм за HS-847950) за 6 місяців 2023р.

Часовий період	Фактичний імпорт в Україну промислових робіт, дол. США	Ретроспективний прогноз імпорту в Україну промислових робіт, дол. США	Похибка, %
Січень 2023	258088,28	220716,56	14,48
Лютий 2023	263278,81	268238,26	1,88
Березень 2023	272835,17	249193,37	8,66
Квітень 2023	292366,75	255715,44	12,53
Травень 2023	334010,27	317407,52	4,97
Червень 2023	351599,00	356573,20	1,41
МАРЕ			7.32

Джерело: розраховано автором на основі [71] та рис. 3.10.

Використання отриманих результатів аналізу може служити основою для компетентної оцінки потенціалу впровадження промислових роботів на українському ринку. З проведеного дослідження випливає, що метод SSA виявляється ефективним засобом розв'язання різноманітних завдань, зокрема виявлення трендів, сезонних компонент, циклів різних періодів та прогнозування рядів. З урахуванням специфіки часових рядів важливо визначити, як ці результати можуть бути інтегровані в стратегії впровадження робототехніки в промисловості.

Висвітлені в дослідженні аспекти, такі як знаходження трендів і сезонних компонент, можуть стати ключовими для ефективного управління виробничими процесами. Ці висновки можуть послужити підґрунтям для розробки стратегій управління та регулювання, спрямованих на оптимізацію використання промислових роботів в українському промисловому секторі.

Висновки до розділу 3

Аналіз сезонності імпорту промислових роботів в Україну з кодом (HS-847950) вказав на відзначену активність у кінці року, весною та влітку, що є результатом запланованої модернізації або впровадження новітніх технологій у виробництво. Підприємці, розуміючи щорічний прибуток, визначають момент для інвестування в модернізацію або запуск нових технологічних процесів. Це вимагає застосування більш розширеного статистичного інструментарію для аналізу та прогнозу імпорту промислових роботів в Україну.

Група найбільших країн-імпортерів товару (HS-847950) - промислових роботів в Україну, включає Австрію, Німеччину, Китай і Японію, а також Велику Британію, Корею, Польщу, Швецію, Туреччину та Італію. Це групування допомагає виявити схожість у торговельних партнерах та розподілі

імпортованих товарів, сприяючи подальшому аналізу геополітичних та економічних зв'язків.

Застосування сингуляторного спектрального метода для прогнозування імпорту промислових роботів в Україну виявилось ефективним, оскільки його результати характеризувалися достатньою точністю. Середнє абсолютне значення помилки прогнозу склало 7.32%, вказуючи на достатню точність отриманих прогнозів.

Отримані результати можна використовувати для оцінки потенціалу впровадження технологій автоматизації в Україні, враховуючи особливості та тенденції глобальної економічної динаміки.

ВИСНОВКИ

Дана кваліфікаційна робота представляє теоретичний огляд та пропозицію вирішення сучасного наукового завдання, яке передбачає ретельний аналіз теоретичних основ та статистичного забезпечення впровадження технологій автоматизації в Україні. Основною метою роботи є висвітлення системи статистичних показників, які використовуються для аналізу впровадження технологій автоматизації як в Україні, так і в світі. При цьому розглядаються ключові показники, що є предметом досліджень у світовій науковій спільноті, зокрема індекс готовності до автоматизації та індекс інновацій. Було отримано наступні результати:

1. У даній роботі проводиться глибокий аналіз теоретичних засад впровадження технологій автоматизації в українському контексті, зосереджуючись на важливих аспектах, що впливають на ефективність цього процесу. Зокрема, вивчається взаємодія теоретичних підходів та практичних статистичних даних для глибшого розуміння стану впровадження технологій автоматизації. Було визначено такі поняття як автоматизація та промислові роботи, а саме:

Автоматизація – це “техніка приведення пристрою, процесу або системи в автоматичний режим”[51].

Автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів з розроблення нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин. Головний напрямок автоматизації – створення високопродуктивних технологічних процесів [34].

Промисловий робот – це автоматична машина, яка має програмне керування і може відтворювати рухові та когнітивні функції людини під час виконання виробничих процесів. Це також категорія машин, призначених для обслуговування технологічних процесів та автоматизації транспортних операцій.

2. Із використанням міжнародної методики побудови індексу за виділеними складовими ранжовано країни світу за рівнем готовності до автоматизації. Виділені складові охоплюють інноваційне середовище, освітню політику та політику ринку праці, причому кожен з цих аспектів має свій ваговий внесок у загальний індекс.

Розвиток інноваційного середовища становить 40% загального індексу, що свідчить про його визначальну роль у визначенні готовності країни до автоматизації. Освітня політика також має вагомий вплив і також складає 40% загального індексу, що підкреслює важливість належного підготовленості кадрів для використання автоматизованих технологій. Політика ринку праці вносить 20% до загального індексу, вказуючи на значущість ефективної стратегії забезпечення працевлаштування та адаптації робочої сили до змін, пов'язаних з автоматизацією. Кращою країною вже 13-й рік поспіль посідає Швейцарія і є світовим лідером за результатами інноваційної діяльності.

Ці сфери та їх ваговий розподіл відображають комплексний підхід до оцінки стану технологічного розвитку в Україні. Вони дозволяють здійснювати більш об'єктивний та комплексний аналіз, враховуючи важливі аспекти інноваційного середовища, освіти та ринку праці. Використання суб-індексів допомагає деталізувати оцінку готовності країни до автоматизації, враховуючи різні аспекти, які вносять вагомий вплив на загальний індекс. Такий підхід дозволяє уникнути загальних або однобічних оцінок, забезпечуючи більш точний образ готовності України до використання технологій автоматизації.

3. У даній роботі було адаптовано методологію побудови індексу готовності регіонів України до автоматизації. Було проаналізовано 22 кількісні показники для розрахунку індексу готовності регіонів України до автоматизації. Зафіксовано найвищий показник загального індексу готовності до автоматизації у місті Київ, який склав 92,2, тоді як на найнижчому рівні, всього 1,82, було виявлено у Чернігівській області. Місто Київ виокремлюється як лідер не лише за загальним індексом, а й за всіма суб-індексами готовності до автоматизації,

визначаючи його перше місце в рейтингу за рівнями розвитку інноваційного середовища, політики освіти та ринку праці. Дніпропетровська область посідає друге місце в загальному рейтингу регіонів України за показниками загального індексу готовності до автоматизації та всіх його складових.

Важливо враховувати обмеження проведеного дослідження готовності до автоматизації регіонів України, зокрема відсутність використання якісних показників. Це обумовлено відсутністю можливості отримання об'єктивної інформації у зв'язку з військовою агресією Росії проти України. Дослідження пропонує спрощене уявлення про складний ландшафт впливу автоматизації на економіку та суспільство на основі показників, які вважаються найбільш репрезентативними у вибраних темах. Відбір показників проводився на основі наявних офіційних даних, вивчення літератури та консультацій з експертами. Це означає, що не всі критичні сфери, пов'язані з автоматизацією, було розглянуто.

4. У даній роботі для аналізу даних був використаний метод лінійної інтерполяції, що полягає в визначенні значень в проміжних точках на основі лінійних залежностей між двома сусідніми точками. Для виявлення аномальних значень був використаний пакет Anomalize, який дозволяє виявляти та візуалізувати аномалії у часових рядах. Застосовуючи різні статистичні методи, цей пакет допомагає виявляти відхилення від звичайного патерну в динаміці даних та виконувати видалення сезонних та трендових компонент часового ряду. Використання пакету Anomalize дозволило виявити та візуалізувати відмінності в імпорті промислових роботів в Україну з різних країн світу. Як виявлено, ці відмінності виявляються як за кількістю, так і за сумою. Такий підхід дозволяє не лише визначити аномальність в динаміці імпорту, а й надає можливість враховувати велику кількість факторів, що впливають на цей процес, забезпечуючи більш комплексний аналіз та зрозуміння ситуації.

5. За аналізом індексу сезонності імпорту промислових роботів в Україну з 2011 по 2022 роки видно значущі коливання у місячних обсягах імпорту. Давайте звернемо увагу на основні висновки та тенденції цього дослідження.

Березень вирізняється найвищим індексом сезонності (165,29%), що

свідчить про значне зростання імпорту в цьому місяці порівняно з середнім рівнем. Другим за величиною індексом сезонності є серпень (109,30%), що вказує на помітне підвищення імпорту у цей місяць. За високого індексу, серпень також може вважатися періодом підвищеної активності в імпорті промислових робіт. Натомість вересень має найнижчий індекс сезонності (50,83%), що свідчить про істотне зниження імпорту у цьому місяці. Квітень, травень та грудень також характеризуються високими індексами сезонності, вказуючи на значні зміни в цих періодах порівняно з середнім рівнем.

При подальшому розгляді виділяються виразно визначені групи країн-імпортерів. Зокрема, Австрія, Німеччина, Китай і Японія формують окремий кластер, визначений як група найбільших країн-імпортерів промислових робіт (з кодом HS-847950) в Україну. На діаграмах також помітно, що Велика Британія, Корея, Польща, Швеція, Туреччина та Італія утворюють інший визначений кластер, тоді як всі інші країни входять у відокремлений кластер. Слід відзначити, що це групування дозволяє виявити схожість у торговельних партнерах та розподілі імпортованих товарів, сприяючи подальшому аналізу та розумінню геополітичних та економічних зв'язків між країнами.

Отримані результати дослідження виявили певні відмінності в структурі та тенденціях торгівлі, що свідчить про важливі аспекти глобальної економічної динаміки.

6. В результаті прогнозування ринку технологій автоматизації була виявлена активність імпорту промислових робіт (з кодом HS-847950) у кінці року а саме у грудні, весною та влітку це може свідчити про стратегічну модернізацію або впровадження новітніх технологій у виробництво. Підприємці, керуючись річним прибутком, визначають оптимальний момент для інвестування в модернізацію чи запуск нових технологічних процесів. Це висуває вимогу до використання більш розширеного статистичного інструментарію для аналізу та прогнозу імпорту промислових робіт в Україну.

Група найбільших країн-імпортерів товару (HS-847950), якими є промислові роботи в Україну, включає Австрію, Німеччину, Китай і Японію, а

також Велику Британію, Корею, Польщу, Швецію, Туреччину та Італію. Це групування сприяє виявленню схожості у торговельних партнерах та розподілі імпортованих товарів, сприяючи детальному аналізу геополітичних та економічних зв'язків.

Використання сингуляторного спектрального методу для прогнозування імпорту промислових робіт в Україну виявилось ефективним, оскільки отримані результати відзначилися достатньою точністю. Середнє абсолютне значення помилки прогнозу склало 7,32%, що свідчить про високу точність отриманих прогнозів.

Результати дослідження можна використовувати для оцінки потенціалу впровадження технологій автоматизації в Україні, враховуючи характеристики та тенденції глобальної економічної динаміки.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аспірантура в Україні у 2022 році. Статистична інформація. Київ 2023. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/osv/aspirantura/arch_aspirantura.htm (дата звернення 20.10.2023).
2. Витрати на виконання наукових досліджень і розробок за видами робіт за регіонами. Держстат України. 2022. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/ni/ni_reg/ni_reg.html (дата звернення 20.10.2023).
3. Витрати на інновації промислових підприємств. Держстат України 2021. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ni.htm (дата звернення 20.10.2023).
4. Вінникова Н. А. Штучний інтелект у контексті глобального управління / Наталія Анатоліївна Вінникова // Політикус : наук. журнал. – 2022. – № 3. – С. 65–70.
5. Городиський І. М. Тенденції розвитку правового регулювання штучного інтелекту в Європейському Союзі. ІТ-право: проблеми та перспективи розвитку в Україні: зб. матер. II Міжнар. наук.-практ. конф. (Львів, 17 листоп. 2017 р.). Львів: НУ «Львівська політехніка», 2017. С. 51–57. URL: <http://aphd.ua/publication-388> (дата звернення: 20.10.2023).
6. Декрет кабінету міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/46-93#Text> (дата звернення 15.10.2023).
7. Державна митна служба України . URL: <http://customs.gov.ua> (дата звернення 15.10.2023).
8. Дорожня карта з регулювання штучного інтелекту в Україні. // Міністерство цифрової трансформації України. 2023 . URL: https://cms.thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/community/docs/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8F_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0_%D0%B7_%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8E%D0%B2

%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%A8%D0%86_%D0%B2_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96_compressed.pdf (дата звернення 30.10.2023).

9. ДСТУ 2879-94 Маніпулятори, автооператори, роботи промислові та системи виробничі гнучкі. Терміни та визначення. URL: <http://www.leonorm.com.ua/Default.php?Page=stlist&ObjId=13&CatId=1> (дата звернення 1.09.2023).

10. Закон України “Про інноваційну діяльність” // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2002. № 36. – ст. 266. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text> (дата звернення 21.10.2023).

11. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. Кн. 2 / Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 237 с.

12. Капітальні інвестиції за видами активів за регіонами у січні-грудні 2021 року. Держстат України. 2022. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/ibd/kin/kin_va_reg/arh_kin_va_reg2021_u.htm (дата звернення 20.10.2023).

13. Карчевський М. В. Протидія злочинності в Україні у форматі Data Science. Вісник Луганського державного університету внутрішніх справ імені Е.О. Дідоренка, 2(98), 2022. С. 202-227. <https://doi.org/10.33766/2524-0323.98.202-227> (дата звернення 04.09.2023).

14. Кількість абонентів Інтернету по регіонах на 01 січня 2020 року. Держстат України 2021. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zv/zv_reg/kaI_reg/kaI_reg0419_u.htm (дата звернення 20.10.2023).

15. Кількість зайнятих працівників у суб'єктів господарювання за регіонами у 2010-2021 роках. Держстат України. 2022. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/fin/roz_p.htm (дата звернення 20.10.2023).

16. Корепанов О. С. Адаптація методичного забезпечення до специфіки оцінювання територіального розвитку інформаційного суспільства в Україні.// Бізнес Інформ. Харків, 2018. № 4. С. 364–370.

17. Корепанов О. С. Методологія індексного аналізу рівня розвитку інформаційного суспільства.// Статистика України. Київ, 2018. №1 С. 6-15.
18. Лазебник Ю. Організація бізнес-досліджень: метод. вказ. до вик. інд. наук.-досл. роботи для студентів денної та заочної форми навчання. ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 21 с.
19. Мацкул В. Математичні методи та моделі в економічних дослідженнях. Монографія. Одеса ОНЕУ. 2016. 184с.
20. Міжнародна статистика : навч. посіб. / В. М. Соболев, Т. Г. Чала, О. С. Корепанов та ін. ; за ред. В. М. Соболева, Т. Г. Чалої Х : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. 388 с. (дата звернення 19.09.2023).
21. Позова Д. Д. Правові аспекти наближення автоматичних пристроїв до здібностей людини.// Часопис цивілістики. 2018. № 26. С. 79-82.
22. Постанова КМУ 1863. Про затвердження порядку ведення Української класифікації товарів зовнішньоекономічної діяльності. від 12 грудня 2002 р. // Кабінет Міністрів України. Київ. 2002. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1863-2002-%D0%BF#Text> (дата звернення 15.10.2023).
23. Прохазка Г. Штучний інтелект у міжнародному праві. Юридичний науковий електронний журнал. 2022. С 153-155.
24. Регулювання штучного інтелекту в Україні: презентуємо дорожню карту. // Міністерство цифрової трансформації України. 2023 г. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/regulyuvannya-shtuchnogo-intelektu-v-ukraini-prezentuemo-dorozhnyu-kartu> (дата звернення 7.10.2023).
25. Середньорозрахункова вартість імпорту товарів (ІМ40) в Україну. Державна Митна Служба України. URL: <https://www.qdpro.com.ua/uk/document/44448> (дата звернення 15.11.2022).
26. Соколова Л. В., Верясова Г. М., Соколов О. Є. Використання методів кластерного аналізу у практичній діяльності підприємств. // Вісник “Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку”. Львів. 2011. С.240-247. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/d6e9dff3-891b-4034-ba17-bb948a8db6a3/content> (дата звернення 1.10.2023).

27. Солодовніков Д. Ю., Чала Т. Г. Розвиток та впровадження в Україні технологій автоматизації: виклики та проблеми. IX Міжнародна науково-практична конференція “Science And Innovation Of Modern World” 18-20.05.2023 р., Лондон, Великобританія, С. 651–655. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/05/SCIENCE-AND-INNOVATION-OF-MODERN-WORLD-18-20.05.23.pdf>.

28. Статистичний збірник «Регіони України» 2020. У 2 ч., ч 1 : статистичний збірник / за ред. І. Є. Вернера. Київ : Державна служба статистики України, 2021. 276 с. URL: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2021/zb/12/Regionu_20_pdf.zip (дата звернення 20.06.2023).

29. Статистичний збірник «Регіони України» 2020. У 2 ч., ч 2 : статистичний збірник / за ред. І. Є. Вернера. Київ : Державна служба статистики України, 2021. 625 с. URL: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2021/zb/12/Regionu_20_pdf.zip (дата звернення 20.06.2023).

30. Статистичний збірник «Регіони України» 2021. За редакцією Вернера І. Київ 2022. URL <https://stat.gov.ua/sites/default/files/2023-07/Статистичний%20збірник%20Регіони%20України%20книга%201.pdf> (дата звернення 19.10.2023).

31. Стефанчук Р. Інформаційні технології та право: Quo Vadis? // Право України. Юрид. Журн: 2018. № 3. с. 183-200 URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=prukr_2018_1_5 (дата звернення 6.09.2023).

32. Українська класифікація товарів зовнішньоекономічної діяльності. Державна податкова служба України. URL: https://tax.gov.ua/data/normativ/000/001/62667/29.02.2016_Dep.komun_kats_y_viluchennya_nformats_z_veb_stor_nki_DFS.pdf (дата звернення 27.10.2023).

33. Чала Т.Г., Солодовніков Д.Ю. Регіональні рейтинги: статистичні аспекти оцінювання готовності до інтелектуальної автоматизації // Бізнес інформ, 2023. № 12. С. 103–119.

34. Шевченко В.В., Тимчик Г.С. Основи автоматизації технологічних процесів. // Навчальний посібник. Київ. 2023. 111 с.
35. 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index. KPMG International Cooperative (“KPMG International”). 2022. URL: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/es/pdf/2020/07/2020_KPMG_Autonomous_Vehicles_Readiness_Index.pdf (дата звернення 16.10.2023).
36. 2023 Visual Capitalist. 2023. URL: <https://www.visualcapitalist.com/most-innovative-countries-in-2023/> (дата звернення 12.10.2023).
37. Anomalize. URL: <https://github.com/business-science/anomalize> (дата звернення 10.09.2023).
38. Asimov I. I, Robot. URL: <https://www.britannica.com/topic/I-Robot>.
39. Berndt D. J., Clifford J. Using Dynamic Time Warping to Find Patterns in Time Series. In KDD Workshop, volume 10, pp. 359–370. Seattle, WA. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3000850.3000887> (дата звернення 30.09.2023).
40. Center for AI Safety. URL: <https://www.safe.ai/ai-risk> (дата звернення 26.09.2023).
41. The Dartmouth Artificial Intelligence Conference: The next 50 years. URL: www.dartmouth.edu. (дата звернення 16.09.2023).
42. Data. International trade in goods. Eurostat. European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/international-trade-in-goods/data> (дата звернення 16.11.2022).
43. Dutta S., Lanvin B., Rivera León L., Wunsch-Vincent S. World Intellectual Property Organization (WIPO). Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty. Geneva: WIPO. DOI:10.34667/tind.48220 2023. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023 (дата звернення 21.10.2023).
44. George C. Devol, Jr. United States Patent Office US-2988237-A. Brookside Drive, Greenwich, Conn. Filed Dec. 10, 1954, Ser. No. 474,574 28 Claims. (Cl. 214-11).
45. Global Entrepreneurship Monitor. URL: <https://www.gemconsortium.org/> (дата звернення 14.04.2023).

46. Global Innovation Index. URL: <https://www.globalinnovationindex.org/home> (дата звернення 15.05.2023).
47. The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World. Ithaca, Fontainebleau and Geneva, Cornell University, INSEAD and the World Intellectual Property Organisation, 2017. URL: http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf (дата звернення 24.04.2023).
48. Howe J. Artificial Intelligence at Edinburgh University : a Perspective. AIhistory. June 2007 URL: <https://www.inf.ed.ac.uk/about/AIhistory.html> (дата звернення 11.09.2023).
49. Hyndman R.J., Athanasopoulos, G. *Forecasting: principles and practice*, 3rd edition, 2021. OTexts: Melbourne, Australia. OTexts.com/fpp3. (дата звернення 12.09.2023).
50. International Organization for Standardization ISO. URL: <https://www.iso.org/standards.html> (дата звернення 16.11.2023).
51. International Society of Automation. URL: <https://www.isa.org/> (дата звернення 12.10.2023).
52. International Telecommunication Union (ITU). URL: <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx> (дата звернення 16.04.2023).
53. ISO 10218-1:2011 Robots and robotic devices. URL: <https://www.iso.org/standard/51330.html> (дата звернення 24.04.2023).
54. ISO 11593:2022 Robots for industrial environments URL: <https://www.iso.org/standard/74676.html> (дата звернення 24.04.2023).
55. ISO 9409-1:2004 Manipulating industrial robots. URL: <https://www.iso.org/standard/36578.html> (дата звернення 24.04.2023).
56. ISO 9946:1999. Manipulating industrial robots. URL: <https://www.iso.org/standard/28794.html> (дата звернення 24.04.2023).
57. ISO/TR 20218-1:2017 Robotics Safety design for industrial robot systems. Part 2: Manual load/unload stations URL: <https://www.iso.org/standard/69488.html> (дата звернення 24.04.2023)

58. ISO/TR 20218-1:2018. Robotics. Safety design for industrial robot systems. Part 1: End-effectors. URL : <https://www.iso.org/standard/69488.html> (дата звернення 24.04.2023).

59. ISO/TR299 8373:2021 Робототехника. Словарь. URL: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:8373:ed-3:v1:en> (дата звернення 12.10.2023).

60. Ivanushchak N., Kunanets N., Pasichnyk V. Lecture Information technologies for analysis and modeling of computer network's development. Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2021, 48, P. 447–468. URL: https://www.researchgate.net/publication/342348486_Information_Technologies_for_Analysis_and_Modeling_of_Computer_Network's_Development (дата звернення 5.09.2023).

61. New Comtrade User Guide. Created by UNSD_MM, 2023. URL: <https://unstats.un.org/wiki/display/comtrade/New+Comtrade+User+Guide#NewComtradeUserGuide-UNComtradeAPIManagement> (дата звернення 29.10.2023).

62. The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)// URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264250604-9-en/index.html?itemId=/content/component/9789264250604-9-en> (дата звернення 28.10.2023).

63. Peculiarities of generation of semantics of natural language speech by helping unlimited and context-dependent grammar / Lytvyn V. V., Kubinska S. V., Berko A. Y., Shestakevych T. V., Demkiv L. Y., Shcherbyna Y. N. Proceedings of the 4th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2020). Volume I: Main Conference, Lviv, Ukraine, April 23-24, 2020. CEUR-WS.org, 2020, P. 536–551.

64. Ratanamahatana C. A., Keogh E. Exact indexing of dynamic time warping. Knowl. Inf. Syst., v.7, n.3, P. 358-386, 2005. URL: <https://doi.org/10.1007/s10115-004-0154-9>. (дата звернення 22.09.2023).

65. Singh Chauhan N. What is Hierarchical Clustering. Machine Learning, Python 2019. URL: <https://www.kdnuggets.com/2019/09/hierarchical-clustering.html> (дата звернення 5.11.2023).

66. Singular Spectrum Analysis for time series: Introduction to this special issue. URL: https://www.intlpress.com/site/pub/files/_fulltext/journals/sii/2010/0003/0003/SII-2010-0003-0003-a001.pdf (дата звернення 19.08.2022).
67. Strachey C. S. Logical or non-mathematical programmes, ACM '52: Proceedings of the ACM national meeting (Toronto) September Pages 46–49 <https://doi.org/10.1145/800259.808992> (дата звернення 14.09.2023).
68. The automation readiness index. Who is ready for the coming wave of automation? 2018. URL: https://new.abb.com/docs/librariesprovider138/events/abb_ari_report.pdf (дата звернення 24.04.2023).
69. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). URL: <https://www.unesco.org/en> (дата звернення 8.09.2023).
70. Time Series Clustering Along with Optimizations for the Dynamic Time Warping (DTW) Distance. GitHub, Inc. 2023. URL: <https://github.com/asardaes/dtwclust> (дата звернення 3.10.2023).
71. UN Comtrade Database. Free access to detailed global trade data. URL : <https://comtradeplus.un.org> (дата звернення 24.04.2023).
72. United Nations. URL: <https://www.un.org/en/> (дата звернення 1.09.2023).
73. Who Is Ready For the Coming Wave of Automation? The Economist Intelligence Unit Limited 2018. URL: https://new.abb.com/docs/librariesprovider138/events/abb_ari_report.pdf (дата звернення 26.04.2023).
74. World Bank Open Data. The World Bank. URL : <https://data.worldbank.org/> (дата звернення 07.08.2023).
75. World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas. International Federation of Robotics. 2023. URL : <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas> (дата звернення 28.09.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Показники індексу “готовності до автоматизації” за складовою “Інноваційне середовище”

Показник	Од. вим.	Джерело	Вага, %	Визначення
1	2	3	4	5
1) Інноваційне середовище			40	
1.1) Дослідницьке та інноваційне середовище – фінансування			10	
1.1.1) Громадський фонди за R&D на робототехніка, автоматизація а також ІІІ	0-2	EIU рейтинг	25	Існування з публічні фонди фокусування конкретно на ІІІ а також автоматизації і робототехнікі.
1.1.2) R&D витрати (в якості % з ВВП)	% ВВП	ЮНЕСКО	50	Валові витрати на R&D в якості % з ВВП.
1.1.3) Урядові стимули на приватні інвестиції в R&D	0-2	EIU рейтинг	25	Політика стимулювання приватних інвестиції в R&D.
1.2) Дослідницьке та інноваційне середовище – Політика та нормативно-правові акти			10	
1.2.1) Підприємництво і просування кампанії	0-2	EIU рейтинг	25	Існування загальнонаціональних ініціатив заохочення позитивних ставлень в напрямку підприємництва.
1.2.2) Час на відкриття бізнесу	Дні	Світовий банк	25	кількість днів потрібно на початок бізнесу.
1.2.3) Міцність основи банкрутства	0-16	Світовий банк	25	Якість законів про неспроможність, що регулюють відносини між боржниками, кредиторами та судом.
1.2.4) Культурні та соціальні норми підприємництва	1-5	Global Entrepreneurship Monitor	25	Досягнення до яких соціальні та культурні норми обумовлюють або можливі рішення, що ведуть до нових бізнес-методів або діяльності, які можуть потенційно збільшувати індивідуальне здоров'я і інком.
1.3) Дослідницьке та інноваційне середовище – передача знань			10	
1.3.1) Міжнародний партнерські відносини та інновації	0-2	EIU рейтинг	50	Міжнародна дослідницька робота а також інноваційні платформи.
1.3.2) Візові схеми для залучення висококваліфікованих спеціалістів у STEM	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність національних схем, спрямованих на залучення STEM-експерту з-за кордону.
1.4) Дослідження та інноваційне середовище – впровадження технологій			10	
1.4.1) Політика підтримки впровадження технологій у приватному секторі, тобто малих і середніх підприємствах (МСП)	0-2	EIU рейтинг	25	Наявність національної програми підтримки впровадження технологій МСП.
1.4.2) Політика підтримки впровадження технологій у державному секторі	0-2	EIU рейтинг	25	Наявність національної програми підтримки впровадження технологій урядом.

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5
1.4.3) Індекс розвитку електронного урядування.	0-1	ООН	50	Ефективність електронного уряду у наданні економічних та соціальних послуг у сфері освіти, охорони здоров'я, праці, роботи а також працевлаштування, фінанси, а також Соціальний добробут.
1.5) Дослідницьке та інноваційне середовище – підтримка стартапів			10	
1.5.1) Програми підтримки екосистем стартапів	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність національних програм підтримки стартапів
1.5.2) Державні кошти для фінансування стартапу	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність державних фондів, призначених для фінансування стартапів.
1.6) Інфраструктура – широкосмуговий доступ			10	
1.6.1) Існування з національний широкосмуговий стратегія	0-2	EIU рейтинг	33,3	Наявність національної стратегії широкосмугового доступу
1.6.2) Використання Інтернету (зміни за п'ять років)	0-100	МСЕ	33,3	Ефективність у покращенні доступу до Інтернету.
1.6.3) Програми по збільшенню Інтернет швидкості	0-2	EIU рейтинг	33,3	Стратегія розвитку швидкої широкосмугової мережі по всій країні.
1.7) Інфраструктура – кластери			10	
1.7.1) Програми розвитку кластерів	0-2	EIU рейтинг	33,3	Наявність програм розвитку кластерів.
1.7.2) Якість університетів	0-100	Глобальний Інноваційний Індекс	66,7	Середній бал трьох найкращих університетів у рейтингу QS World University Ranking.
1.8) Етика а також безпека – етика даних			10	
1.8.1) інститути технологічної етики та безпеки	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність ради з етики, що зосереджується на етичних наслідках технологій, зокрема ШІ та автоматизації.
1.8.2) стратегія кібербезпеки	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність громадських зусиль для вирішення проблеми кібербезпеки.
1.9) Етика та безпека – захист даних			10	
1.9.1) Закони про захист даних	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність законодавства та правил захисту даних.
1.9.2) Інститут захисту даних	0-2	EIU рейтинг	50	Забезпечення виконання законодавства про захист даних
1.10) Етика та безпека – використання громадянами			10	
1.10.1) просвітницькі кампанії щодо безпеки даних	0-2	EIU рейтинг	100	Наявність загальнонаціональних кампаній для сприяння безпечному використанню даних, Інтернету, робототехніки та ШІ.

Джерело: розроблено автором за [68].

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Показники індексу “готовності до автоматизації” за складовою “Освітня політика”

Показник	Од. Вим	Джерело	Вага, %	Визначення
1	2	3	4	5
2) ОСВІТНЯ ПОЛІТИКА			40	
2.1) Політика раннього дитинства			5,6	
2.1.1) Стратегія раннього розвитку дитини	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Наявність національної стратегії виховання та розвитку дітей раннього віку.
2.2) Обов’язкова освіта – навички та знання 21 століття			11,1	
2.2.1) Обов’язкова освіта – навички та знання 21 століття		ЕІУ рейтинг	50	Наявність урядової стратегії, яка фокусується на вихованні навичок і знань 21-го століття (наприклад, міжособистісні навички та навички вирішення проблем) в обов’язковій освіті.
2.2.2) Інтеграція навичок і знань 21-го століття в навчальні програми	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Інтеграція навичок і знань 21 століття у відповідні керівні принципи навчальної програми.
2.3) Обов’язкова освіта – Технічні навички та знання			5,6	
2.3.1) Стратегія, що стосується технічних навичок і знань	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність урядової стратегії, яка зосереджена на розвитку технічних навичок і знань (наприклад, цифрових навичок) у рамках обов’язкової освіти.
2.3.2) Інтеграція технічних навичок і знань у навчальні програми	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Інтеграція технічних навичок і знань у відповідні керівні принципи навчальної програми.
2.4) Обов’язкова освіта – Профорієнтація			5,6	
2.4.1) Програми профорієнтації (середня освіта)	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Наявність профорієнтаційних послуг у середній освіті.
2.5) Постобов’язкова освіта – STEM			11,1	
2.5.1) Програми для збільшення охоплення STEM (вища освіта)	0-2	ЕІУ рейтинг	100	STEM у вищій освіті.
2.6) Постобов’язкова освіта – доступ			5,6	
2.6.1) Політика розширення доступу до вищої освіти	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Політика, що підтримує розширення участі у вищій освіті, орієнтована на традиційно виключені групи.

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
2.7) Безперервна освіта			11,1	
2.7.1) Національна стратегія навчання впродовж життя	0-2	EIU рейтинг	50	Наявність національних програм навчання впродовж життя.
2.7.2) Фінансова підтримка діяльності з навчання впродовж життя	0-2	EIU рейтинг	50	Фінансова підтримка навчання впродовж життя.
2.8) Навчальне середовище – Реформа оцінювання			11,1	
2.8.1) Оцінка навичок і знань 21-го століття в обов'язковій освіті	0-2	EIU рейтинг	100	Систематичне оцінювання навичок і знань 21-го століття в обов'язковій освіті.
2.9) Навчальне середовище – Підготовка вчителів			11,1	
2.9.1) Навчання вчителів технічним навичкам і знанням XXI століття (обов'язкова освіта)	0-2	EIU рейтинг	100	Ступінь, до якого вчителі підготовлені для надання освіти навичкам майбутнього в обов'язковій освіті.
2.10) Навчальне середовище – використання технологій і даних			5,6	
2.10.1) Використання технологій у навчанні (обов'язкова освіта)	0-2	EIU рейтинг	50	Використання технологій у класі для покращення результатів навчання та підвищення рівня взаємодії учнів з взаємодії учнів з технологіями в обов'язковій освіті.
2.10.2) Використання технологій і даних в аналітиці освіти (обов'язкова освіта)	0-2	EIU рейтинг	50	Використання даних і аналітики для стимулювання інноваційних процесів навчання та оцінювання в обов'язковій освіті.
2.11) Навчальне середовище – інновація в навчальній програмі			11,1	
2.11.1) Шкільна автономія щодо розробки навчальних програм (обов'язкова освіта)	0-2	EIU рейтинг	100	Дерегуляція навчального плану в обов'язковій освіті.
2.12) Навчальне середовище – соціальний діалог			5,6	
2.12.1) Соціальний діалог у сфері освіти (обов'язкова освіта)	0-2	EIU рейтинг	100	Наявність діалогу між різними зацікавленими сторонами державного та приватного секторів для формування системи освіти.

Джерело: розроблено автором за [68].

Додаток В

Таблиця В.1 – Показники індексу “готовності до автоматизації” за складовою “Політика ринку праці”

Показник	Од. вим	Джерело	Вага	Визначення
1	2	3	4	5
3) ПОЛІТИКА НА РИНКУ ПРАЦІ			20	
3.1) Дослідження та формування політики			12,5	
3.1.1) Урядове дослідження впливу автоматизації, ІІІ та робототехніки	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність національного огляду/стратегії автоматизації економіки.
3.1.2) Соціальний діалог про майбутнє праці	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність відкритого органу/платформи для обговорення або поширення інформації між урядом і ключовими зацікавленими сторонами, включаючи бізнес-спільноту, щодо впливу автоматизації, ІІІ та робототехніки на суспільство та економіку.
3.2) Програми зміни робочої сили – Професійне навчання			12,5	
3.2.1) Дуальні системи професійної технічної освіти та навчання (ПТО).	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність національної дуальної системи ПТО.
3.2.2) Установа, що стимулює вдосконалення ПТО	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність органу, який займається дослідженнями та розвитком національної системи ПТО.
3.3) Програми зміни робочої сили – Перехід з університету			12,5	
3.3.1) Програми стажування, учнівства, стажування	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Наявність національних програм підтримки стажування або стажування, орієнтованих на тих, хто переходить від університету до робочої сили.

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5
3.4) Програми зміни робочої сили – Цільова перепідготовка			12,5	
3.4.1) Цільові програми перепідготовки робочої сили	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Наявність програм перепідготовки для переміщених працівників з акцентом на перехід до секторів з високим попитом.
3.5) Програми зміни робочої сили – Перехід на робоче місце			12,5	
3.5.1) Програми підтримки розвитку людського капіталу.	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Наявність програм підтримки навчання, розвитку персоналу або перерозподілу в приватному секторі.
3.6) Програми зміни робочих навичок – Державні служби зайнятості (ДСЗ)			12,5	
3.6.1) Наявність установ ДСЗ	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність комплексної установи ДСЗ.
3.6.2) Інформаційний інструмент ДСЗ	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Наявність інструменту ДСЗ, який надає громадськості інформацію про тенденції в професіях і потенційний попит по всій країні.
3.7) Програми зміни робочої сили – зв'язки між секторами			12,5	
3.7.1) Платформи для діалогу промисловості та ринку праці	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Співпраця установ ДСЗ з промисловістю.
3.7.2) Платформи для діалогу між університетом та ринком праці	0-2	ЕІУ рейтинг	50	Платформа для співпраці університетів і промисловості.
3.8) Програми зміни робочої сили – Правила			12,5	
3.8.1) Перегляд нормативно-правових актів щодо нових форм зайнятості	0-2	ЕІУ рейтинг	100	Наявність національного огляду нових форм зайнятості/майбутньої роботи.

Джерело: розроблено автором за [68].

Додаток Г

Таблиця Г.1 – Імпорт товарів “Машини та механічні пристрої спеціального призначення в іншому місці не зазначені: промислові роботи в іншому місці не зазначені” (код за HS-17 – 847950) за країнами світу у 2021 р.

Країни світу		Імпорт, дол. США	Вага, кг	Кількість
1		2	3	4
China Hong Kong SAR	Китай САР Гонконг	67533518	0	36033
Belgium	Бельгія	64304502	1747812	2502
Indonesia	Індонезія	49711753	2472922	1938
South Africa	Південна Африка	45093215	0	1745
Russian Federation	Російська Федерація	42070768	961329	1301
Portugal	Португалія	39972107	1137355	1558
Hungary	Угорщина	38164073	563951	1487
Slovakia	Словаччина	36469232	627934	1419
Australia	Австралія	34704880	0	7882
Slovenia	Словенія	33528884	563521	1304
Luxembourg	Люксембург	31639142	1272037	1233
Saudi Arabia	Саудівська Аравія	30502577	549428	1186
Denmark	Данія	28815687	436406	1123
Israel	Ізраїль	27896000	0	1085
Romania	Румунія	25299645	599074	986
Norway	Норвегія	21177334	374818	1398
Finland	Фінляндія	18558021	8759	723
United Arab Emirates	Об'єднані Арабські Емірати	16398939	358767	638
Chile	Чилі	13033174	0	2819
Argentina	Аргентина	12162846	302520	467
Lithuania	Литва	8958400	105194	349
Bulgaria	Болгарія	8401976	446354	326
New Zealand	Нова Зеландія	8114742	0	687
Serbia	Сербія	8104363	193786	315
Philippines	Філіппіни	7867364	0	3592
Ireland	Ірландія	7608257	64914	296
Latvia	Латвія	7405752	105862	288
Greece	Греція	5866123	177384	228
Ukraine	Україна	5760292	232071	224

Продовження табл. Г.1

1		2	3	4
Croatia	Хорватія	5521837	115938	214
Peru	Перу	5055141	129218	259
Egypt	Єгипет	4218738	0	164
Ecuador	Еквадор	3517572	234202	0
Costa Rica	Коста-Ріка	3336498	102460	129
Uzbekistan	Узбекистан	3160424	0	123
Tunisia	Туніс	3027171	99988	168
Qatar	Катар	2878306	21584	112
Oman	Оман	2856876	42718	111
Colombia	Колумбія	2719228	113727	0
Estonia	Естонія	2488809	44053	96
North Macedonia	Північна Македонія	2451409	89330	95
Bosnia Herzegovina	Боснія і Герцеговина	2287792	127720	89
Pakistan	Пакистан	2226192	0	200
Dominican Rep.	Домініканська Республіка	2006771	23721	48
Belarus	Білорусь	1987200	56392	117
Iceland	Ісландія	1788527	0	69
Nigeria	Нігерія	1679824	220326	65
Sri Lanka	Шрі Ланка	1450827	0	226
Cambodia	Камбоджа	1339252	39528	66
Uruguay	Уругвай	1121239	19192	43
Nepal	Непал	1050313	0	60
China Macao SAR	Китай ОАР Макао	644730	11880	25
Senegal	Сенегал	588981	7208	22
Rep. of Moldova	Республіка Молдова	482408	57850	14
El Salvador	Сальвадор	476982	5811	18
Bolivia (Plurinational State of)	Болівія (Багатонац. Держава)	349598	161	0
Azerbaijan	Азербайджан	336232	13191	27
Kyrgyzstan	Киргизстан	333796	8199	5
Paraguay	Парагвай	313536	13601	12
Jordan	Йорданія	279894	0	10
Mozambique	Мозамбік	271864	0	1
Kenya	Кенія	261343	0	10

Продовження табл. Г.1

1		2	3	4
Honduras	Гондурас	244175	5107	9
Cyprus	Кіпр	224987	8576	8
Lebanon	Ліван	218133	9544	8
Rwanda	Руанда	202525	863	7
Tajikistan	Таджикистан	195757	0	7
Angola	Ангола	192195	8774	7
Lao People's Dem. Rep.	Лаоська Народно Дем. Респ.	186620	2550	7
Burkina Faso	Буркіна Фасо	169039	42000	6
Armenia	Вірменія	154407	3724	5
Georgia	Грузія	153709	1980	7
Myanmar	М'янма	138963	0	17
Panama	Панама	132222	4436	5
Malta	Мальта	127271	553	4
Botswana	Ботсвана	100122	1434	39
Mauritius	Маврикій	98021	2926	13
Trinidad and Tobago	Тринідад і Тобаго	86166	1695	14
United Rep. of Tanzania	Об'єднана Республіка Танзанія	72586	2200	3
Suriname	Сурінам	62943	553	2
Brunei Darussalam	Бруней Даруссалам	52333	0	23
Zimbabwe	Зімбабве	46636	2446	1
Guatemala	Гватемала	46014	2270	1
Mongolia	Монголія	44929	109	28
Bermuda	Бермудські острови	31148	0	2
Ethiopia	Ефіопія	31143	13113	1
Barbados	Барбадос	17786	532	0
Cayman Isds	Кайманові острови	17415	0	0
Montenegro	Чорногорія	16676	1179	0
Aruba	Аруба	5997	46	0
Zambia	Замбія	2136	809	0
Fiji	Фіджі	1558	0	11
Guyana	Гайана	1268	3797	1
Eswatini	Есватіні	593	122	11
Benin	Бенін	518	35	0
Madagascar	Мадагаскар	10	8	0

Джерело: розроблено автором за [68].

Таблиця Д.1 – Статистичні данні по регіонах України у 2021 р.

Регіони України	Чисельність наявного населення (за оцінкою), млн ос.	Населення, яке повідомило, що користувалися послугами Інтернету, тис. осіб	Кількість абонентів Інтернету, тис. осіб	Кількість оприлюднених “Е-консультацій”
Вінницька	1,529	1062	106,5	332
Волинська	1,027	736,7	62,7	17
Дніпропетровська	3,142	2570,4	264,5	948
Донецька	4,100	2106	171,2	119
Житомирська	1,195	827,4	99,6	34
Закарпатська	1,250	972,7	69,2	10
Запорізька	1,667	1330,3	153,3	14
Івано-Франківська	1,361	1033,8	404,6	37
Київська	1,789	1318,4	154,3	107
Кіровоградська	0,920	634,5	65,1	105
Луганська	2,121	554,7	41,6	5
Львівська	2,498	1720	241,5	241
Миколаївська	1,108	845,7	161,6	885
Одеська	2,368	1835,1	1103,5	12263
Полтавська	1,372	932,2	156,9	—
Рівненська	1,148	840,6	62,6	9
Сумська	1,053	807,2	79,9	68
Тернопільська	1,031	776,3	108	30
Харківська	2,634	2170,1	178,7	3
Херсонська	1,017	694,3	91,8	68
Хмельницька	1,244	887,4	80,7	292
Черкаська	1,178	903,8	74,5	115
Чернівецька	0,897	640,4	68,4	16
Чернігівська	0,977	660,4	75,5	17
м. Київ	2,962	2438,7	1842,5	33962
Україна	41,588		28787,6	49697

Джерело: розроблено автором за [14,15,28,29,30,].

Таблиця Д.2 – Статистичні данні по регіонах України у 2021 р.

Регіони України	Кількість органів державної влади та місцевого самоврядування, які електронної демократії “Е-звернення”, Е-петиція, “Е-консультація”, та інших інструментів електронної демократії	Кількість зареєстрованих “Е-звернень” органами державної влади та місцевого самоврядування, од.	Кількість розглянутих “Е-звернень” органами державної влади та місцевого самоврядування за угрупованнями установ та регіонами, од
Вінницька	106	4710	4701
Волинська	83	3968	3968
Дніпропетровська	221	65132	64881
Донецька	80	29750	29750
Житомирська	123	6005	6004
Закарпатська	233	18820	18812
Запорізька	155	29322	29058
Івано-Франківська	187	18814	18708
Київська	95	10051	10031
Кіровоградська	125	7823	7812
Луганська	79	5544	5247
Львівська	179	107890	107357
Миколаївська	144	45202	45128
Одеська	136	121739	121714
Полтавська	111	10142	10115
Рівненська	127	35891	35881
Сумська	101	9108	9017
Тернопільська	100	17645	17643
Харківська	179	48903	48898
Херсонська	106	14641	14632
Хмельницька	106	23628	23514
Черкаська	112	4492	4475
Чернівецька	63	4595	4595
Чернігівська	97	3991	3991
м. Київ	185	668627	668174
Україна	3233	1316433	1314106

Джерело: розроблено автором за [14,15,28,29,30,].

Таблиця Д.3 – Статистичні данні по регіонах України у 2021 р.

Регіони України	Кількість аспірантів на початок навчального року	Випуск фахівців із ЗВО	Зайняте населення у віці 15-70 років; тис. осіб	Зайняте населення за ВЕД “Промисловість” у віці 15-70 років; тис. осіб
Вінницька	755	7 968	621,0	69,5
Волинська	495	5 980	360,2	48,0
Дніпропетровська	2 069	21 251	1347,0	324,8
Донецька	–	–	697,9	174,5
Житомирська	319	4 950	479,7	74,6
Закарпатська	1 024	3 249	483,5	54,5
Запорізька	1 506	13 033	694,4	150,7
Івано-Франківська	1 061	9 386	543,0	66,8
Київська	574	4 531	745,2	126,4
Кіровоградська	367	3 747	352,9	47,5
Луганська	–	–	278,5	51,9
Львівська	2 759	24 073	1028,7	153,7
Миколаївська	265	5 908	466,5	60,4
Одеська	2 084	19 398	979,6	81,2
Полтавська	1 007	10 575	550,5	94,5
Рівненська	279	5 578	455,2	63,2
Сумська	1 212	5 399	444,1	59,0
Тернопільська	1 106	6 574	389,3	34,9
Харківська	4 176	31 136	1181,1	217,9
Херсонська	536	2 743	424,3	37,6
Хмельницька	568	6 025	492,4	59,3
Черкаська	657	8 611	489,1	72,0
Чернівецька	333	5 202	368,1	39,3
Чернігівська	432	2 958	398,6	48,9
м. Київ	10 778	67 636	1339,2	102,1
Україна	33 826	273 168	15610,0	2313,2

Джерело: розроблено автором за [14,15,28,29,30,].

Таблиця Д.4 – Статистичні данні по регіонам України у 2021 р.

Регіони України	Зайняте населення за ВЕД “Інформація та телекомунікації” у віці 15-70 років; тис. осіб	Зайняте населення за ВЕД “Професійна, наукова та технічна діяльність” у віці 15-70 років; тис. осіб	Зайняте населення за ВЕД “Освіта” у віці 15-70 років; тис. осіб	Кількість працівників, здіяних у виконанні наукових досліджень і розробок, за категоріями персоналу, усього
Вінницька	6,9	9,7	38,3	449
Волинська	3,3	5,1	34,4	127
Дніпропетровська	26,9	36,8	100,6	7679
Донецька	10,3	13,9	46,1	323
Житомирська	7,9	7,8	43,1	268
Закарпатська	3,0	4,2	31,2	510
Запорізька	9,3	15,3	51,2	3646
Івано-Франківська	3,6	7,9	54,6	458
Київська	16,4	29,5	65,1	1523
Кіровоградська	3,6	4,3	32,7	132
Луганська	1,9	6,5	16,2	209
Львівська	20,8	23,7	77,5	3916
Миколаївська	3,4	6,9	38,0	1770
Одеська	16,4	20,3	72,4	2159
Полтавська	5,4	10,0	32,6	516
Рівненська	5,4	6,6	30,9	253
Сумська	4,6	10,2	39,8	1148
Тернопільська	3,4	6,1	36,8	327
Харківська	27,6	36,9	97,9	11637
Херсонська	3,3	8,6	34,0	569
Хмельницька	3,6	7,3	45,2	233
Черкаська	4,8	9,2	42,2	462
Чернівецька	3,5	4,4	29,5	552
Чернігівська	4,7	7,7	33,4	510
м. Київ	89,0	123,3	120,3	39484
Україна	289,0	422,2	1244,0	78860

Джерело: розроблено автором за [2,3,28,29,30,].

Таблиця Д.5 – Статистичні данні по регіонам України у 2021 р.

Регіони України	Обсяг капітальних інвестицій за 2022 р., млрд.грн	Обсяг капітальних інвестицій за ВЕД “Промисловість”, млрд грн	Обсяг капітальних інвестицій за ВЕД “Професійна, наукова та технічна діяльність”, млн грн	Обсяг капітальних інвестицій за ВЕД “Освіта”, млн грн
Вінницька	14,122	4,066	149,755	175,472
Волинська	9,535	3,002	6,121	35,641
Дніпропетровська	40,478	22,481	144,831	85,588
Донецька	5,565	3,824	50,586	5,587
Житомирська	6,113	2,112	26,146	22,929
Закарпатська	6,818	2,928	18,853	61,361
Запорізька	9,312	3,869	230,987	72,025
Івано-Франківська	6,851	2,508	42,964	66,618
Київська	31,169	10,675	95,935	95,657
Кіровоградська	7,097	1,411	11,003	27,592
Луганська	0,271	0,000	1,154	--
Львівська	26,161	9,523	100,612	235,868
Миколаївська	5,009	1,132	11,008	13,197
Одеська	13,547	2,711	190,801	163,417
Полтавська	17,538	8,207	35,95	44,3
Рівненська	12,043	7,026	22,77	33,512
Сумська	5,498	1,616	4,895	19,727
Тернопільська	8,502	1,892	7,313	39,699
Харківська	9,586	3,280	110,524	85,638
Херсонська	0,700	0,000	2,628	0
Хмельницька	9,753	2,488	47,773	95,75
Черкаська	9,228	2,167	6,161	306,406
Чернівецька	3,359	0,856	11,283	13,145
Чернігівська	8,306	1,077	6,86	42,922
м. Київ	143,100	27,022	4675,696	244,758
Україна	409,660	126,113	6012,609	2008,563

Джерело: розроблено автором за [2,3,28,29,30,].

Таблиця Д.6 – Статистичні данні по регіонам України у 2021 р.

Регіони України	Кількість дослідників, здіяних у виконанні наукових досліджень і розробок	Кількість інноваційно активних промислових підприємств, усього	Витрати на інновації промислових підприємств, млн грн
Вінницька	301	31	188,293
Волинська	103	12	93,084
Дніпропетровська	4168	75	1239,030
Донецька	236	24	1406,073
Житомирська	180	15	55,246
Закарпатська	288	10	18,047
Запорізька	1310	41	1574,176
Івано-Франківська	390	28	230,676
Київська	982	56	788,200
Кіровоградська	120	20	313,960
Луганська	155	10	28,937
Львівська	3056	60	612,182
Миколаївська	854	14	696,931
Одеська	1462	30	97,350
Полтавська	391	35	946,476
Рівненська	203	19	90,384
Сумська	708	23	153,174
Тернопільська	274	35	354,839
Харківська	7965	96	1184,077
Херсонська	386	14	66,692
Хмельницька	196	15	151,831
Черкаська	337	31	439,747
Чернівецька	418	13	24,330
Чернігівська	224	22	37,133
м. Київ	26720	79	3293,999
Україна	51427	808	14406,887

Джерело: розроблено автором за [2,3,28,29,30,].

Таблиця Д.7 – Статистичні данні по регіонам України у 2021 р.

Регіони України	Витрати на виконання наукових досліджень і розробок (тис. грн)	Витрати на фундаментальні наукові дослідження (тис. грн)	Витрати на прикладні наукові дослідження (тис. грн)	Витрати на науково-технічні (експериментальні) розробки (тис.грн)
Вінницька	50756,2	17164,5	17757,5	4696,3
Волинська	9994,2	5649,8	3570,9	727,6
Дніпропетровська	1511469,5	146422,9	154201,9	2009381
Донецька	22316,2	10040,1	11865,6	10597,4
Житомирська	26062,2	11340,1	7348,2	7683,8
Закарпатська	84933,8	21321,3	34339,9	22033,3
Запорізька	1538450	14644,4	195874,4	1327931
Івано-Франківська	50990,2	10891,6	21262,4	9953,7
Київська	355376,7	52204,8	189475,5	176055,7
Кіровоградська	21002,8	4207,6	8980,4	11685,6
Луганська	31025,4	3417,2	27785,9	8085,3
Львівська	494408,4	186763,6	152099,7	126658,9
Миколаївська	301069,9	12382,8	19790,6	204466,6
Одеська	317373	86438,5	127246,5	128529,1
Полтавська	37622,3	24271,7	17206,4	3161,2
Рівненська	13841,6	3041	10876,6	3701,4
Сумська	152974,9	14457,6	21337,3	57821,5
Тернопільська	35811,9	1115,6	24842,3	3136,2
Харківська	2558277,4	569982,4	574048,2	1720128
Херсонська	81586,5	15571	51039,1	5610
Хмельницька	к	12225,7	3288,8	3719,2
Черкаська	75642,5	14228,9	19261,9	18549,4
Чернівецька	112105,9	30695,6	68259,2	6774,9
Чернігівська	69910,9	3765	22634,8	19942,8
м. Київ	9115690,7	2468184	1851324	3987454
Україна	17022419,3	3740428	3635718	9878484

Джерело: розроблено автором за [2,3,28,29,30,].



Рисунок Е.1 – Сертифікат учасника ІХ Міжнародної науково-практичної конференції “SCIENCE AND INNOVATION OF MODERN WORLD”