

Моделі оцінювання впливу цифрових технологій на економіку країн

Світлана Валеріївна Прокопович

кандидат економічних наук, доцент,
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,
61166, пр. Науки 9-А, м. Харків, Україна,

Оксана Володимирівна Панасенко

кандидат економічних наук, доцент,
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,
61166, пр. Науки 9-А, м. Харків, Україна,

Владислав Геннадійович Павленко

Магістр з економіки, Бізнес аналітик
Підрозділ аналітики
Товариство з обмеженою відповідальністю «КІТСОФТ»,
03193, вул. Луценка Дмитра, будинок 10, м. Київ, Україна

Анотація Дана робота присвячена проблемі оцінювання, аналізу та прогнозування впливу цифрових технологій на економіку країн на основі використання методів економіко-математичного аналізу. Стаття розглядає сучасну концепцію та стратегію розвитку цифрових технологій та їхній вплив на економіку країн. Об'єктами дослідження є сімдесят країн світу та Україна. У якості ендогенних показників у даному дослідженні використано такі показники, що характеризують економічну діяльність країн: валовий внутрішній продукт на душу населення, валовий національний дохід на душу населення та рівень безробіття. У якості екзогенних показників використано такі показники, що характеризують розвиток цифрових технологій країн: індекс розвитку електронного уряду, індекс електронної участі, індекс розвитку онлайн-сервісів, індекс людського капіталу, індекс телекомунікаційної інфраструктури, відсоток користувачів Інтернетом. За допомогою побудованих моделей панельних даних та F-теста, теста Бройша-Пагана та теста Хаусмана досліджено, що вплив цифрових технологій на економіку країн наявний, це помітно на таких показниках як валовий внутрішній продукт на душу населення й валовий національний дохід на душу населення. Також на результуючі показники, які відображають економічну діяльність країн, істотний вплив мають індекс електронної участі та відсоток користувачів Інтернетом. Аналіз моделей та тестів показали, які краще моделі використовувати для подальшої діагностики результуючих показників. На основі ієрархічного кластерного аналізу визначено оптимальну кількість кластерів під час групування країн за рівнем цифрового та економічного розвитку, оцінено якість кластеризації, побудовано діаграми розсіювання для пар показників, що відображають економічний та цифровий розвиток, для кожного з трьох отриманих кластерів країн. На наступному кроці дослідження були побудовані рівняння багатофакторної регресії, які дали змогу оцінити вплив показників, що відображають розвиток цифрових технологій, на показники, що відображають економічну діяльність краї. Здійснено прогнозування показників економічного розвитку за різними сценаріями цифрового розвитку країн. Побудовані прогнози показали, як вплине зростання та зменшення показників розвитку цифрових технологій на економічну діяльність України. Результати даного дослідження у вигляді багатофакторних регресійних моделей та моделей

групування країн можуть бути використані у розробці теоретичних положень та методичного інструментарію оцінювання впливу цифрових технологій на економічну діяльність країн.

Ключові слова: цифрові технології, цифровий актив, економічний розвиток, моделі панельних даних, кластерний аналіз, регресійний аналіз.

Models for Assessing the Impact of Digital Technologies on Countries' Economies

Svitlana Prokopovych

PhD in Economics, Associate Professor
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics
61166, 9A Nauka Ave., Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6333-2139>

Oksana Panasenko

PhD in Economics, Associate Professor
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics
61166, 9A Nauka Ave., Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-4679-2070>

Vladyslav Pavlenko

Master's Degree, Business Analyst
Analytics Department
Limited Liability Company "KITSOFT",
03193, 10 Lutsenka Dmytra Street, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0007-6493-9489>

Abstract This work is dedicated to the problem of assessing, analyzing, and forecasting the impact of digital technologies on the economies of countries based on the use of methods of economic-mathematical analysis. The article explores the current concept and strategy of digital technology development and their impact on the economies of countries. The objects of the study are seventy countries worldwide and Ukraine. Endogenous indicators used in this research include economic activity indicators such as gross domestic product per capita, gross national income per capita, and the unemployment rate. Exogenous indicators used in this research characterize the development of digital technologies in countries and include the e-government development index, e-participation index, online services development index, human capital index, telecommunications infrastructure index, and the percentage of Internet users. Through the use of constructed panel data models and F-test, Breusch-Pagan test, and Hausman test, it has been investigated that the impact of digital technologies on the economies of countries exists, which is noticeable in indicators such as gross domestic product per capita and gross national income per capita. Additionally, the resulting indicators reflecting the economic activities of countries are significantly influenced by the e-participation index and the percentage of Internet users. The analysis of models and tests has shown which models are better to use for further diagnostics of resulting indicators. Based on hierarchical cluster analysis, the optimal number of clusters during the grouping of countries by the level of digital and economic development has been determined, the quality of clustering has been assessed, and

scatter plots for pairs of indicators reflecting economic and digital development have been constructed for each of the three obtained country clusters. In the next step of the research, equations of multiple regression were constructed, allowing for the assessment of the impact of indicators reflecting the development of digital technologies on indicators reflecting the economic activities of countries. Forecasts of economic development indicators were made under various scenarios of digital development for countries. The constructed forecasts have shown how the growth and reduction of indicators of digital technology development will affect the economic activity of Ukraine. The results of this research in the form of multifactorial regression models and country grouping models can be used in the development of theoretical principles and methodological tools for assessing the impact of digital technologies on the economic activities of countries.

Keywords: digital technologies, digital asset, economic development, panel data models, cluster analysis, regression analysis.

Вступ

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу, особливо в останні десятиліття, змінив мислення сучасної людини: перехід на цифрову техніку та поширення інформаційних технологій зробило наше життя комфортнішим.

Людство живе під час захоплюючих технологічних інновацій. Цифрові технології сприяють трансформаційним змінам. Змінюються економічні парадигми. Нові технології змінюють ринки продуктів, фактори виробництва, бізнес та роботу. Останні досягнення в галузі штучного інтелекту та пов'язаних з ним інновацій розширюють межі цифрової революції. Цифрова трансформація прискорюється після пандемії COVID-19. Майбутнє настає швидше, ніж очікувалося.

Визначення цифрових технологій включає всі електронні засоби, автоматичні системи, технологічні пристрої та ресурси, які генерують, обробляють та зберігають інформацію. Нові технології відкрили шлях до багатофункціональних інструментів, таких як розумний годинник і смартфон. Комп'ютери та ноутбуки поступово стають швидшими, зручнішими та потужнішими, ніж раніше. Завдяки всім цим інноваціям, технології також зробили наше життя простішим, швидшим, зручним, комфортним, точним і приємнішим.

Завдяки технологіям наш світ може стати більш рівноправним, миролюбним та справедливим. Розвиток цифрових технологій може сприяти підтримці та прискоренню досягнення цілей у сфері сталого розвитку – починаючи з ліквідації бідності, зниження коефіцієнтів смертності та закінчуючи цілями заохочення стійкого фермерського виробництва й забезпечення гідної роботи, а також досягнення загальної грамотності. Водночас технології можуть ставити під загрозу недоторканність приватного життя, підривати безпеку та посилювати нерівність. Використання технологій позначається як у здійсненні правами людини, так і на забезпеченні свободи її дій. Як і попереднім поколінням, людству належить зробити вибір щодо того, як використовувати нові технології та контролювати їх розвиток.

Нові технології мають великі перспективи. Вони створюють нові шляхи та можливості для більш процвітаючого майбутнього. Але вони також ставлять нові виклики економіці світу. Хоча цифрові технології вразили блиском і майстерністю своїх застосувань, вони поки що не повною мірою принесли очікувані дивіденди у вищому зростанні продуктивності. Дійсно, зростання сукупної продуктивності сповільнилося за останні кілька десятиліть у багатьох країнах. Відповідно, економічне зростання має тенденцію до зниження.

Водночас нерівність доходів і пов'язані з цим диспропорції зросли, особливо в країнах з розвинутою економікою, що викликало соціальне та політичне невдоволення. У різних сферах економіки спостерігається нерівномірна участь у нових можливостях, створених цифровою трансформацією. Багато з них залишаються позаду в галузях, робочій силі та різних сегментах суспільства.

Однією з важливих причин цих результатів є те, що органи влади країн та інституції повільно пристосовувалися до змін, що розгортаються. Щоб реалізувати перспективи сучасних

розумних машин, держава також має бути готовою до змін. Країна має бути більш чутливою до змін, щоб повністю охопити потенційний приріст продуктивності, економічного зростання та по-долати зростання нерівності, оскільки технологічні збої створюють переможців і переможених.

Оскільки технології змінюють ринки, динаміку зростання та розподілу, політика має забезпечити, щоб ринки залишалися інклюзивними та підтримували широкий доступ до нових можливостей для компаній і працівників. Цифрову економіку необхідно розширити, щоб поширювати нові технології та можливості серед менших компаній і широких сегментів робочої сили.

Отже, у той час як цифрові технології дають значну віддачу від продуктивності, вони також створюють нові проблеми, оскільки змінюються виробничі процеси, джерела конкурентних переваг і ринкові структури.

Метою роботи є побудова комплексу економіко-математичних моделей, які дозволяють оцінити, проаналізувати та спрогнозувати вплив цифрових технологій на економіку країн.

Об'єктом дослідження є процеси впливу цифрових технологій на економіку країн.

Предметом дослідження є економіко-математичні методи та моделі оцінювання, аналізу та прогнозування.

Розроблені моделі дозволять надати комплексну оцінку впливу цифрових технологій, оцінити перспективи розвитку та визначити напрямки розвитку цифрових технологій для пришвидшення процесів економічного розвитку країн.

Огляд літератури

На сьогоднішній день поняття «цифровий актив» не має єдиного комплексного визначення, яке повністю розкривало б суть терміну, що значно ускладнює розуміння багатьох процесів, пов'язаних з використанням цифрових активів, і досить часто впливає на спотворення та помилкове трактування терміну. Подібна термінологічна плутанина створює стійкі умови для подальшого вкорінення суперечливості та неоднозначності не лише самого поняття «цифровий актив», а й перспектив його використання.

Аналіз сучасних наукових публікацій та досліджень з питань цифрового активу свідчить, що сьогодні не існує чіткого визначення та розуміння цього поняття (Spirin & Ostrianska, 2021). Найчастіше поняття «цифровий актив» вживається у широкому сенсі, має неточне і неоднозначне формулювання і ототожнюється з криптовалютою. Закон SF0125 штату Вайомінг від 01.07.19 року дає таке визначення: «Цифровий актив означає представлення економічних, майнових прав чи прав доступу, які зберігаються в машиночитаемому форматі й включають цифрові споживчі активи, цифрові цінні папери і віртуальну валюту» (Panfilov, 2019, p.72). Цифровий актив, закладеною в нього суті, надає інформацію про цінність – є інформаційним ресурсом, який можна використовувати. Значимість цифрового активу полягає у його достовірності та унікальності, що забезпечуються внаслідок обігу цифрового активу в розподіленому реєстрі. На основі цих властивостей можна говорити про високе практичне значення цифрового активу в економіко-правовому аспекті.

На підставі встановлених сутнісно-сміслових особливостей поняття «цифровий актив» у статті «Обґрунтування поняття «Цифровий актив»: економіко-правовий аспект» сформульовано таке визначення: «Цифровий актив – інформаційний ресурс, похідний від права на цінність та звертається до розподіленого реєстру у вигляді унікального ідентифікатора» (А.А. Kud, 2019). Таким чином, в рамках даної роботи під цифровим активом пропонується розуміти поняття запропоноване в даній статті.

Виходячи з визначення цифрового активу як інформаційного ресурсу, похідного від права на цінність і представленому в розподіленому реєстрі у вигляді унікального ідентифікатора, необхідно позначити властивість цифрового активу, що зумовлює його співвідношення з інформаційним ресурсом (О. Kud та ін., 2019). Цифровий актив надає новий спосіб використання інформації про цінність, яка представлена у вигляді інформаційного ресурсу в

інформаційній системі на базі технології розподіленого реєстру або блокчейну, що відкриває нові можливості для оперування комплексом прав на цінність (А. А. Kud, 2019).

Використовуючи цифровий актив, власник цінності використовує лише право на доступ до інформаційного ресурсу, що містить комплекс відомостей (інформації) про цінність, тоді як сама цінність перебуває у нього до пред'явлення власником цифрового активу права вимоги до власника цінності щодо виконання зобов'язань, зафіксованих у такому інформаційному ресурсі (О. Kud та ін., 2019). За своєю природою цифровий актив є одиницею обліку обсягу допуску до інформаційного ресурсу, похідного від права на цінність. При передачі цифрового активу передається певний обсяг допуску до інформаційного ресурсу, де міститься інформація, закладена власником цінності. Володіння 100% обсягу допуску до певного інформаційного ресурсу надає власнику особливе право на використання такого інформаційного ресурсу: право вимоги у власника цінності виконати закладені на інформаційний ресурс зобов'язання; право обміняти наявні цифрові активи на інші цифрові активи. Слід зазначити, що з обміном цифровими активами також відбувається обмін певним обсягом допуску до інформаційних ресурсів, відповідним даним цифровим активам.

Цифровий актив дозволяє оперувати інформацією, що є не просто новим способом використання інформації, а включає процес організації взаємодії суб'єктів (власника цифрового активу і власника цінності) та об'єкта управління (цифрового активу), спрямованого на забезпечення: реалізації закладених у такий цифровий актив цілей; здійснення праводносин, об'єктом яких є право на інформацію, похідну від права власності на цінність.

Управління інформацією за допомогою цифрового активу являє собою складне явище, що динамічно розвивається. Як соціальне явище таке управління виникає у разі виникнення потреби. Діяльність управління інформацією містить у собі постійний інноваційний компонент, який сприяє розвитку можливостей інформаційного ресурсу в ході використання інформаційної системи. При цьому така діяльність сприяє забезпеченню збереження та функціонування таких систем.

Розгляд основної властивості цифрового активу та встановлений зв'язок між цифровим активом як одиницею обсягу допуску (права на доступ) до інформаційного ресурсу та правом власності на цінність дозволяє говорити про новий об'єкт цивільних праводносин – право на користування інформацією, похідною від права на цінність (Kud, Kucheriavenko & Smychok,

Відповідно до Міжнародного стандарту бухгалтерського обліку (“International Accounting «нематеріальних активів – немонетарних активів, що ідентифікуються, що не мають матеріально-речової форми»). Така категоризація робить цифровий актив зрозумілим для оподаткування та незамінним для організації нового виду обліку та контролю цінностей суб'єктами господарювання. Завдання цифрових активів можна поділити на три групи: індивідуальні, галузеві та глобальні.

Матеріали та методи На основі розглянутого матеріалу та проаналізованого стану сучасної економіки країн, розроблено концептуальну схему побудови моделей оцінки впливу цифрових технологій на економіку країн, яка представлена на рис. 1.

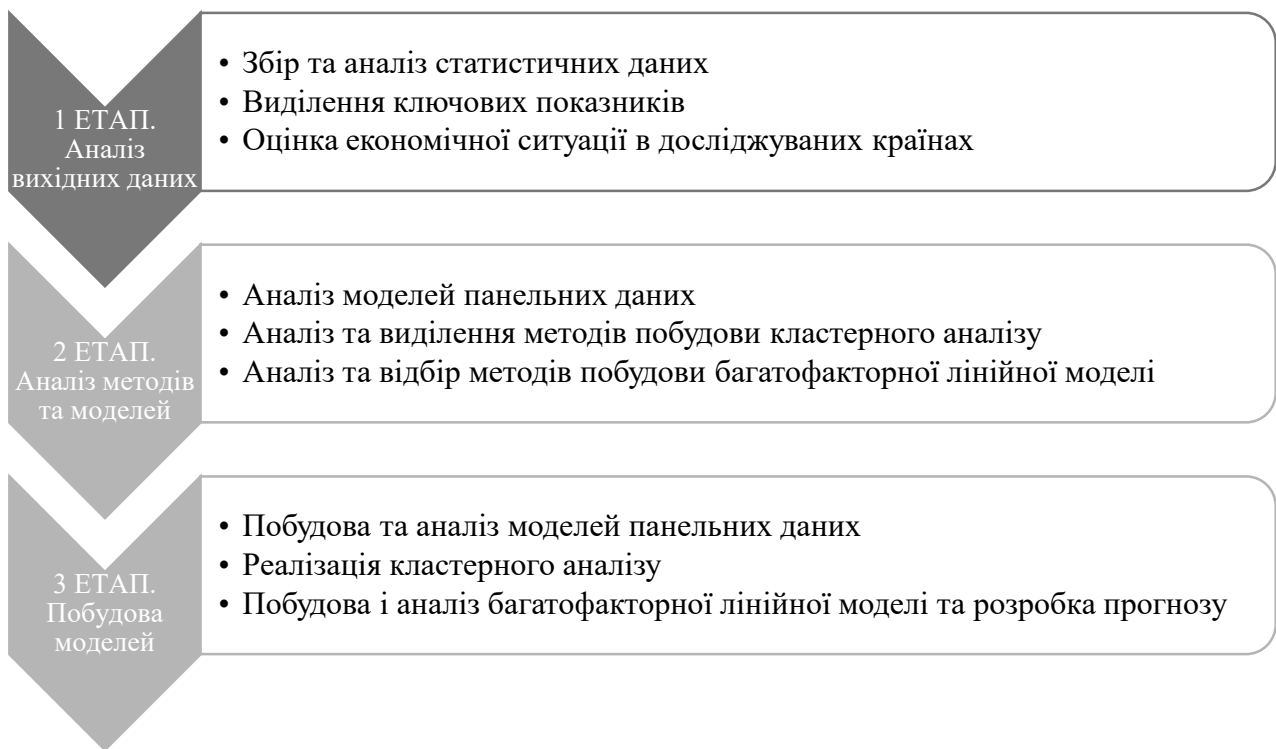


Рисунок 1. Концептуальна схема побудови моделей оцінювання впливу цифрових технологій на економіку країн

Перший етап «Аналіз вихідних даних» включає три пункти:

збір та аналіз статистичних даних;

виділення ключових показників;

оцінка економічної ситуації в досліджуваних країнах.

Збір та аналіз статистичних даних проводився за допомогою сайту «Мінфін» (“Minfin”, Націй (“UN e-Government Knowledgebase”, n.d.). В ході пошуку статистичної інформації розглянуто річні показники економічної діяльності країн. Особливу увагу приділено показникам розвитку економіки країн та розвитку цифрових технологій. Дані розглянуто з 2012 року по 2020 рік.

Таким чином, виділено наступні ключові показники, що варто використати при побудові моделей:

ВВП на душу населення (GDP per capita);

ВНД на душу населення (GNI per capita);

рівень безробіття (Unemployment rate);

індекс електронного уряду (E-Government Development Index);

індекс електронної участі (E-Participation Index);

індекс онлайн-сервісів (Online Services Index);

індекс людського капіталу (Human Capital Index);

індекс телекомунікаційної інфраструктури (Telecommunication infrastructure indicators);

відсоток користувачів Інтернетом (Individuals using the Internet (% of population)).

Другий етап «Аналіз економіко математичних методів та моделей» включає: аналіз моделей панельних даних, аналіз та виділення методів побудови кластерного аналізу, аналіз та відбір методів побудови лінійної багатофакторної моделі.

У сучасних умовах, що характеризуються високим рівнем нестабільності та невизначеності, стає необхідним всебічний аналіз функціонування та розвитку соціально-економічних об'єктів за загальною інформаційною базою. Зазвичай вихідні дані представляють у вигляді "об'єкт-ознаки", де в рядках знаходяться об'єкти, а в стовпцях – ознаки. Для панельних даних додають ще один вимір – час (Guryanova, Klebanova & Prokopych,

. У роботі аналіз буде здійснюватися по країнах та роках. Тому для аналізу показників використано моделі панельних даних.

Кластерний аналіз – це метод класифікаційного аналізу; його основне призначення – розбиття безлічі досліджуваних об'єктів і ознак на однорідні в деякому сенсі групи, або кластери (“What is cluster analysis”, n.d., “K-means Cluster Analysis”, n.d.). Це багатовимірний статистичний метод, тому передбачається, що вихідні дані можуть бути значного обсягу, тобто суттєво великими можуть бути як кількість об'єктів дослідження (спостережень), так і ознаки, що характеризують ці об'єкти. У даній роботі доцільніше використати кластерний аналіз, щоб розбити країни на групи по показникам та проаналізувати ці кластери.

Аналіз впливу показників доцільніше робити за допомогою побудови багатофакторної лінійної моделі, допомагає більш детально та всебічно проаналізувати фактори впливу на досліджуваний об'єкт, оцінити вплив кожного фактору та їх взаємозв'язок, на основі отриманих результатів побудувати прогнозні значення досліджуваного показника.

Третій етап «Побудова моделей» включає безпосереднє практичне застосування відібраних економіко-математичних методів в побудові моделей.

У побудові моделей панельних даних та кластерного аналізу використано та розглянуто показники, що згадано вище, по сімдесяти країнам в період з 2012 року по 2020 рік.

У побудові багатофакторної лінійної моделі використано та розглянуто ключові показники, що було згадано, по Україні в період з 2012 року по 2020 рік.

Результатом моделювання на панельних даних є оцінка впливу незалежних змінних, що відображають рівень цифрового розвитку країн, на залежні змінні, що характеризують економічний розвиток країн.

Результатом реалізації кластерного аналізу є розподілення країн на групи, однорідні за рівнем цифрового та економічного розвитку.

Результатом побудови багатофакторної лінійної моделі є оцінка впливу факторів на економіку країн, побудова найбільш адекватної моделі для прогнозування, та безпосередня побудова прогнозу впливу цифрових технологій на економіку України.

Показники, які будуть характеризувати економічну діяльність країн: ВВП на душу населення, ВНД на душу населення та рівень безробіття. Ці показники будуть результуючими, так як описують рівень економічного розвитку країн.

Показники які будуть характеризувати розвиток цифрових технологій країн: індекс розвитку електронного уряду, індекс електронної участі, індекс розвитку онлайн-сервісів, індекс людського капіталу, індекс телекомунікаційної інфраструктури, відсоток користувачів Інтернетом. Ці показники будуть факторними.

Всі ці показники відображають рівень впровадження цифрових технологій в країну та на скільки країна розвинута в області цифрових технологій.

Таким чином, в ході проведення дослідження розроблено аналітичні моделі оцінки впливу цифрових технологій на економіку країн, розбито країни на кластери по показникам, побудовано багатофакторну модель для прогнозу показників.

Результати та Обговорення

Для аналіз впливу факторних змінних на результуючі побудуємо моделі панельних даних. Взято дані для 70 країн світу з 2012 року по 2020 рік. Частина даних зображено в таблиці 1.

Подальші розрахунки та побудова моделей буде виконуватись у R-Studio. R – це мова програмування та обчислювальне середовище для обробки інформації сучасними статистичними методами. Працювати з R зручніше в R-Studio.

Побудуємо та проаналізуємо вплив факторних змінних (індекс розвитку електронного уряду, індекс електронної участі, індекс розвитку онлайн-сервісів, індекс людського капіталу, індекс телекомунікаційної інфраструктури, відсоток користувачів Інтернетом) на ВВП на душу населення країн. Результати аналізу побудованих моделей зображені на рис. 2 – 4.

Таблиця 1. Вихідні дані (фрагмент)

| Рік | Країна | ВВП на душу населення | Рівень безробіття | ВНД на душу населення | E-Government Index | E-Participation Index | Online Service Index | Human Capital Index | Telecommunication Infrastructure Index | Internet users (%) |
|------|-------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------------|--------------------|
| | | Y1 | Y2 | Y3 | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
| 2012 | VietNam | 1443.50 | 2.00 | 4840.00 | 0.52 | 0.11 | 0.42 | 0.74 | 0.40 | 36.80 |
| 2012 | Uzbekistan | 1814.47 | 4.90 | 5780.00 | 0.51 | 0.24 | 0.50 | 0.83 | 0.21 | 23.60 |
| 2012 | Uruguay | 12981.14 | 6.30 | 16830.00 | 0.63 | 0.18 | 0.55 | 0.90 | 0.44 | 54.45 |
| 2012 | Ukraine | 3153.74 | 7.50 | 9190.00 | 0.57 | 0.16 | 0.42 | 0.92 | 0.35 | 35.27 |
| 2012 | Turkey | 12128.30 | 8.40 | 20620.00 | 0.53 | 0.05 | 0.46 | 0.77 | 0.35 | 45.13 |
| 2012 | Tunisia | 4146.10 | 16.70 | 9790.00 | 0.48 | 0.37 | 0.48 | 0.68 | 0.29 | 41.44 |
| 2012 | Thailand | 5437.88 | 0.70 | 14190.00 | 0.51 | 0.32 | 0.51 | 0.78 | 0.24 | 26.46 |
| 2012 | Switzerland | 77844.19 | 2.90 | 61140.00 | 0.81 | 0.34 | 0.67 | 0.89 | 0.88 | 85.20 |
| 2012 | Sweden | 53432.64 | 8.10 | 46470.00 | 0.86 | 0.68 | 0.84 | 0.91 | 0.82 | 93.18 |
| 2012 | Sudan | 1825.58 | 14.80 | 3590.00 | 0.26 | 0.08 | 0.25 | 0.46 | 0.07 | 21.00 |
| 2012 | Spain | 29235.83 | 24.80 | 31470.00 | 0.78 | 0.50 | 0.76 | 0.94 | 0.63 | 69.81 |
| 2012 | Slovenia | 22989.93 | 8.90 | 28590.00 | 0.75 | 0.21 | 0.67 | 0.93 | 0.65 | 68.35 |
| 2012 | Singapore | 50143.78 | 2.00 | 78420.00 | 0.85 | 0.95 | 1.00 | 0.85 | 0.69 | 72.00 |
| 2012 | Serbia | 5886.89 | 24.60 | 13480.00 | 0.63 | 0.24 | 0.58 | 0.85 | 0.47 | 48.10 |

```

> m.re <- plm(Y1 ~ X1 + X2 + X3 + X4 +X5 + X6, data = h, model = "random")
> summary(m.re)
Oneway (individual) effect Random Effect Model
(Swamy-Arora's transformation)

Call:
plm(formula = Y1 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "random")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Effects:
              var      std.dev share
idiosyncratic 9025072      3004 0.046
individual    187409365     13690 0.954
theta: 0.927

Residuals:
      Min.   1st Qu.   Median     3rd Qu.    Max.
-40755.27 -1306.74  -542.23   841.26  17860.49

Coefficients:
              Estimate Std. Error z-value Pr(>|z|)
(Intercept)  8.2943e+03  4.3398e+03  1.9112 0.055977 .
X1           -2.7844e+06  9.2052e+06 -0.3025 0.762283
X2            5.2690e+03  1.6591e+03  3.1758 0.001494 **
X3            9.2702e+05  3.0684e+06  0.3021 0.762563
X4            9.4286e+05  3.0687e+06  0.3073 0.758650
X5            9.2327e+05  3.0681e+06  0.3009 0.763469
X6            3.5862e+01  2.9060e+01  1.2341 0.217168
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 7114500000
Residual Sum of Squares: 6711200000
R-Squared: 0.056693
Adj. R-Squared: 0.047609
Chisq: 37.4428 on 6 DF, p-value: 1.4433e-06

```

Рисунок 2. Результат аналізу моделі з випадковими ефектами для Y1


```

> m.fe <- plm(y1 ~ x1 + x2 + x3 + x4 +x5 + x6, data = h, model = "within")
> summary(m.fe)
Oneway (individual) effect within Model

Call:
plm(formula = y1 ~ x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6, data = h, model = "within")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Residuals:
      Min.      1st Qu.      Median      3rd Qu.      Max.
-41885.077  -514.539   -40.973    583.570   15147.042

Coefficients:
      Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
x1 -2.5724e+06  8.4335e+06 -0.3050 0.7604597
x2  5.2906e+03  1.5291e+03  3.4600 0.0005818 ***
x3  8.5715e+05  2.8112e+06  0.3049 0.7605508
x4  8.6228e+05  2.8114e+06  0.3067 0.7591808
x5  8.5272e+05  2.8109e+06  0.3034 0.7617245
x6  4.7862e-01  2.7037e+01  0.0177 0.9858826
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    5320200000
Residual sum of Squares: 4999900000
R-Squared:              0.060205
Adj. R-Squared:        -0.067024
F-statistic: 5.91504 on 6 and 554 DF, p-value: 5.3301e-06

```

Рисунок 3. Результат аналізу моделі з фіксованими ефектами для Y1

```

> m.pooled <- plm(y1 ~ x1 + x2 + x3 + x4 +x5 + x6, data = h, model = "pooling")
> summary(m.pooled)
Pooling Model

Call:
plm(formula = y1 ~ x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6, data = h, model = "pooling")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Residuals:
      Min.      1st Qu.      Median      3rd Qu.      Max.
-50362.03 -10342.01  -822.41    7378.23   70776.76

Coefficients:
      Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.2057e+04  4.3732e+03 -5.0436 6.001e-07 ***
x1           8.3767e+07  3.8536e+07  2.1737 0.030104 *
x2          -2.8245e+04  5.8094e+03 -4.8621 1.472e-06 ***
x3          -2.7897e+07  1.2846e+07 -2.1717 0.030256 *
x4          -2.7931e+07  1.2846e+07 -2.1744 0.030053 *
x5          -2.7854e+07  1.2845e+07 -2.1685 0.030496 *
x6           2.1336e+02  7.4363e+01  2.8692 0.004255 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    3.4245e+11
Residual sum of Squares: 1.5174e+11
R-Squared:              0.55691
Adj. R-Squared:        0.55264
F-statistic: 130.504 on 6 and 623 DF, p-value: < 2.22e-16

```

Рисунок 4. Результат аналізу об'єднаної моделі регресії для Y1

Проаналізуємо коефіцієнт детермінації в моделях. У моделях з випадковими ефектами і фіксованими ефектами коефіцієнт менше 0.1, це вказує на те, що всі вхідні елементи дуже слабо (за шкалою Чеддока) пояснюють долю варіації результуючого показника. У об'єднаній моделі регресії коефіцієнт детермінації більше 0.5, це вказує на те, що всі вхідні елементи помітно (за шкалою Чеддока) пояснюють долю варіації результуючого показника. Критерій Фішера вказує, що моделі є адекватними та значущими. Порівнявши критерій Стюдента можна зробити висновок, що в моделях з випадковими ефектами та фіксованими ефектами на Y1 (ВВП на душу населення) істотно впливає X2 (індекс електронної участі), у об'єднаній моделі регресії істотно впливають всі показники, особливо великий вплив має X2 (індекс електронної участі) та X6 (відсоток користувачів Інтернетом).

Побудувавши моделі з фіксованими ефектами, випадковими ефектами та об'єднану модель регресії виявлено які факторні показники істотно впливаю на ВВП на душу населення. Також виявлено, що моделі є адекватними та значимими, об'єднана модель регресії краще використовувати для аналізу, так як всі вхідні елементи помітно пояснюють долю варіації результуючого показника. За результатами порівняльних тестів можна зробити висновок, що для аналізу даних краще обрати модель з фіксованими ефектами.

Побудуємо та проаналізуємо вплив факторних змінних на рівень безробіття країн. Результати аналізу побудованих моделей зображені на рис. 5 – 7.

Проаналізувавши коефіцієнт детермінації трьох моделей можна побачити, що показник менше 0.1, це вказує на те, що всі вхідні елементи слабо пояснюють долю варіації результуючого показника. Критерій Фішера вказує, що моделі є адекватними та значимими. Порівнявши критерій Стьюдента можна зробити висновок, що в моделях з випадковими ефектами та фіксованими ефектами на Y2 (рівень безробіття) істотно впливає X2 (індекс електронної участі), у об'єднаній моделі регресії всі показники не мають істотного впливу на результуючий показник.

Побудувавши моделі з фіксованими ефектами, випадковими ефектами та об'єднаній моделі регресії виявлено які факторні показники істотно впливаю на рівень безробіття. Також виявлено, що моделі є адекватними та значимими, але в побудованих моделях всі вхідні елементи слабо пояснюють долю варіації рівня безробіття. За результатами порівняльних тестів можна зробити висновок, що для аналізу даних краще обрати модель з випадковими ефектами.

```
> m.fe <- plm(Y2 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "random")
> summary(m.fe)
Oneway (individual) effect Random Effect Model
(Swamy-Arora's transformation)

Call:
plm(formula = Y2 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "random")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Effects:
              var std.dev share
idiosyncratic 4.518   2.125 0.179
individual    20.717   4.552 0.821
theta: 0.8462

Residuals:
  Min. 1st Qu.  Median    3rd Qu.    Max.
-6.95507 -1.23142 -0.35844  0.93533  10.57586

Coefficients:
              Estimate Std. Error z-value Pr(>|z|)
(Intercept)  1.3196e+01  2.2203e+00  5.9434 2.792e-09 ***
X1           5.7234e+03  5.9435e+03  0.9630  0.3356
X2          -6.1545e+00  1.0537e+00 -5.8406 5.201e-09 ***
X3          -1.9058e+03  1.9812e+03 -0.9619  0.3361
X4          -1.9149e+03  1.9813e+03 -0.9665  0.3338
X5          -1.9038e+03  1.9810e+03 -0.9611  0.3365
X6           1.4153e-02  1.8044e-02  0.7844  0.4328
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    3116.3
Residual Sum of Squares: 2814.5
R-squared:               0.096834
Adj. R-squared:          0.088136
Chisq: 66.7959 on 6 DF, p-value: 1.8529e-12
```

Рисунок 5. Результат аналізу моделі з випадковими ефектами для Y2

```

> m.fe <- plm(Y2 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "within")
> summary(m.fe)
Oneway (individual) effect within Model

Call:
plm(formula = Y2 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "within")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Residuals:
    Min.    1st Qu.    Median    3rd Qu.    Max.
-7.746649 -0.898540 -0.016671  0.778820 10.699208

Coefficients:
      Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
X1  5.4921e+03  5.9667e+03  0.9205  0.3577
X2 -6.4774e+00  1.0818e+00 -5.9875 3.833e-09 ***
X3 -1.8284e+03  1.9889e+03 -0.9193  0.3583
X4 -1.8373e+03  1.9891e+03 -0.9237  0.3560
X5 -1.8266e+03  1.9887e+03 -0.9185  0.3588
X6  2.1187e-02  1.9129e-02  1.1076  0.2685
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    2809.7
Residual Sum of Squares: 2502.7
R-Squared:              0.10927
Adj. R-Squared:        -0.011319
F-statistic: 11.3266 on 6 and 554 DF, p-value: 5.9031e-12

```

Рисунок 6. Результат аналізу моделі з фіксованими ефектами для Y2

```

> m.pooled <- plm(Y2 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "pooling")
> summary(m.pooled)
Pooling Model

Call:
plm(formula = Y2 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "pooling")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Residuals:
    Min.    1st Qu.    Median    3rd Qu.    Max.
-9.0571 -3.3408 -1.1040  2.0139 18.8124

Coefficients:
      Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.2103e+01  1.3688e+00  8.8426 <2e-16 ***
X1           1.0599e+04  1.2061e+04  0.8787  0.3799
X2          -1.5724e+00  1.8182e+00 -0.8648  0.3875
X3          -3.5363e+03  4.0205e+03 -0.8796  0.3794
X4          -3.5326e+03  4.0205e+03 -0.8786  0.3799
X5          -3.5335e+03  4.0203e+03 -0.8789  0.3798
X6          -7.9992e-03  2.3275e-02 -0.3437  0.7312
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    15768
Residual Sum of Squares: 14864
R-Squared:              0.057309
Adj. R-Squared:        0.04823
F-statistic: 6.31228 on 6 and 623 DF, p-value: 1.8546e-06

```

Рисунок 7. Результат аналізу об'єднаної моделі регресії для Y2

Побудуємо та проаналізуємо вплив факторних змінних на ВНД на душу населення країн. Результати аналізу побудованих моделей зображені на рис. 8 – 10.

```

> m.re <- plm(Y3 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "random")
> summary(m.re)
Oneway (individual) effect Random Effect Model
(Swamy-Arora's transformation)

Call:
plm(formula = Y3 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "random")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Effects:
              var  std.dev share
idiosyncratic 10905023    3302 0.128
individual    74461934    8629 0.872
theta: 0.8735

Residuals:
      Min.   1st Qu.   Median   3rd Qu.   Max.
-9847.57 -2064.79  -498.66  1343.42 29530.46

Coefficients:
              Estimate  Std. Error z-value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.2124e+04  4.1526e+03 -2.9196  0.003505 **
X1           -6.6871e+06  1.0338e+07 -0.6468  0.517749
X2           1.1555e+04  1.8446e+03  6.2646  3.738e-10 ***
X3           2.2253e+06  3.4462e+06  0.6457  0.518455
X4           2.2665e+06  3.4464e+06  0.6576  0.510765
X5           2.2243e+06  3.4458e+06  0.6455  0.518592
X6           1.2536e+02  3.1841e+01  3.9370  8.252e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 1.1975e+10
Residual Sum of Squares: 8495300000
R-Squared: 0.29058
Adj. R-Squared: 0.28375
Chisq: 255.182 on 6 DF, p-value: < 2.22e-16

```

Рисунок 8. Результат аналізу моделі з випадковими ефектами для Y3

```

> m.fe <- plm(Y3 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "within")
> summary(m.fe)
Oneway (individual) effect within Model

Call:
plm(formula = Y3 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "within")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Residuals:
      Min.   1st Qu.   Median   3rd Qu.   Max.
-15105.364 -1479.348  -30.955  1328.895 24758.374

Coefficients:
              Estimate  Std. Error t-value Pr(>|t|)
X1 -6.4544e+06  9.2703e+06 -0.6962  0.48657
X2  1.2472e+04  1.6808e+03  7.4200  4.431e-13 ***
X3  2.1481e+06  3.0901e+06  0.6951  0.48726
X4  2.1756e+06  3.0904e+06  0.7040  0.48173
X5  2.1458e+06  3.0898e+06  0.6945  0.48766
X6  6.7547e+01  2.9720e+01  2.2728  0.02342 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 8334800000
Residual Sum of Squares: 6041400000
R-Squared: 0.27516
Adj. R-Squared: 0.17703
F-statistic: 35.0515 on 6 and 554 DF, p-value: < 2.22e-16

```

Рисунок 9. Результат аналізу моделі з фіксованими ефектами для Y3

```

> m.pooled <- plm(Y3 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "pooling")
> summary(m.pooled)
Pooling Model

Call:
plm(formula = Y3 ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6, data = h, model = "pooling")

Balanced Panel: n = 70, T = 9, N = 630

Residuals:
    Min.   1st Qu.   Median     3rd Qu.    Max.
-24877.51 -6545.01  -992.19   5617.18  59391.05

Coefficients:
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.7207e+04  3.0663e+03  -5.6115 3.021e-08 ***
X1           3.3336e+07  2.7020e+07   1.2338 0.2177597
X2          -2.0960e+04  4.0733e+03  -5.1457 3.577e-07 ***
X3          -1.1085e+07  9.0068e+06  -1.2307 0.2188863
X4          -1.1117e+07  9.0069e+06  -1.2343 0.2175687
X5          -1.1056e+07  9.0062e+06  -1.2276 0.2200688
X6           1.8974e+02  5.2140e+01   3.6390 0.0002964 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total sum of Squares:  2.3567e+11
Residual sum of Squares: 7.4597e+10
R-Squared: 0.68347
Adj. R-Squared: 0.68043
F-statistic: 224.207 on 6 and 623 DF, p-value: < 2.22e-16

```

Рисунок 10. Результат аналізу об'єднаної моделі регресії для Y3

Проаналізуємо коефіцієнт детермінації в моделях. У моделях з випадковими ефектами і фіксованими ефектами коефіцієнт менше 0.3. Це вказує на те, що всі вхідні елементи слабо (за шкалою Чеддока) пояснюють долю варіації результуючого показника. У об'єднаної моделі регресії коефіцієнт детермінації менше 0.7, це вказує на те, що всі вхідні елементи помітно (за шкалою Чеддока) пояснюють долю варіації результуючого показника. Критерій Фішера вказує, що моделі є адекватними та значущими. Порівнявши критерій Стюдента можна зробити висновок, що в усіх моделях на Y3 (ВНД на душу населення) істотно впливають X2 (індекс електронної участі) та X6 (відсоток користувачів Інтернетом).

Побудувавши моделі з фіксованими ефектами, випадковими ефектами та об'єднані моделі регресії виявлено які факторні показники істотно впливають на ВНД на душу населення. Також виявлено, що моделі є адекватними та значимими, об'єднану модель регресії краще використовувати для аналізу, так як всі вхідні елементи помітно пояснюють долю варіації результуючого показника. За результатами порівняльних тестів можна зробити висновок, що для аналізу даних краще обрати модель з фіксованими ефектами.

Отже, за допомогою побудованих моделей панельних даних та F-теста, теста Бройша-Пагана та теста Хаусмана можна зробити висновок, що вплив цифрових технологій на економіку країн наявний, це помітно на таких показниках як ВВП на душу населення й ВНД на душу населення, також на результуючі показники, які відображають економічну діяльність країн, істотний вплив мають індекс електронної участі та відсоток користувачів Інтернетом. Аналіз моделей та тестів показали які краще моделі використовувати для подальшої діагностики результуючих показників.

Тепер відберемо дані, які потрібні нам для кластерного аналізу. Побудуємо кластери країн за значеннями ВВП на душу населення (Y1), ВНД на душу населення (Y3), рівень безробіття (Y2), індекс електронного уряду (X1), індекс електронної участі (X2), індекс

онлайн-сервісів (X3), індекс людського капіталу (X4), індекс телекомунікаційної інфраструктури (X5), відсоток користувачів Інтернетом (X6). Дані візьмемо за 2020 рік.

Результат якісної кластеризації наведено на рис. 11.

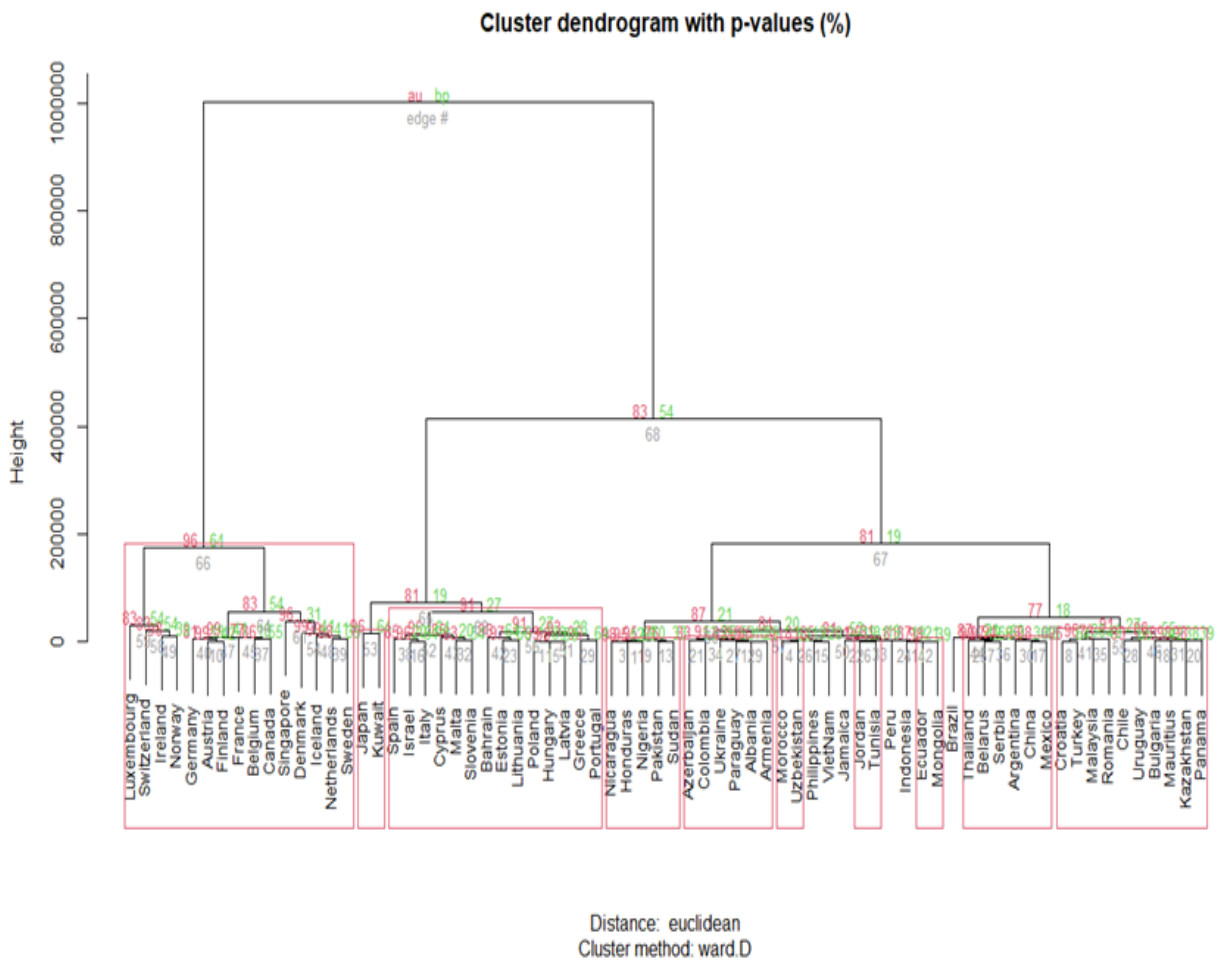


Рисунок 11. Графік ймовірності випадкових кластерів

Бачимо, що з ймовірністю 90% скільки кластерів є не випадковими.

Випадок з 3 кластерами доволі цікавий, тому використаємо його. Так країни можна поділити на 3 групи:

кластер № 2 – з високим рівнем розвитком цифрових технологій та економіки (Люксембург, Норвегія, Ірландія, Швейцарія, Данія, Сінгапур, Швеція, Нідерланди, Канада, Фінляндія, Ісландія, Австрія, Німеччина, Бельгія, Франція, Ізраїль, Італія, Кіпр, Іспанія, Мальта, Словенія, Португалія, Греція, Естонія, Бахрейн, Литва, Польща, Угорщина, Латвія, Хорватія, Чилі, Уругвай, Румунія, Малайзія, Казахстан, Мексика, Болгарія, Аргентина, Ки-тай, Білорусь, Таїланд, Японія, Кувейт);

кластер № 1 – з середнім рівнем розвитком цифрових технологій та економіки (Туреччина, Бразилія, Панама, Маврикій, Колумбія, Сербія, Перу, Азербайджан, Парагвай, Албанія, Еквадор, Вірменія, Індонезія, Монголія, Туніс, Україна, Філіппіни, Узбекистан, В'єтнам);

кластер № 3 – з низьким рівнем розвитком цифрових технологій та економіки (Ямайка, Йорданія, Марокко, Нігерія, Гондурас, Судан, Нікарагуа, Пакистан).

Побудуємо графік з кластерами та країнами, які відносяться до певного кластера. Результат кластеризації наведено на рис. 12.

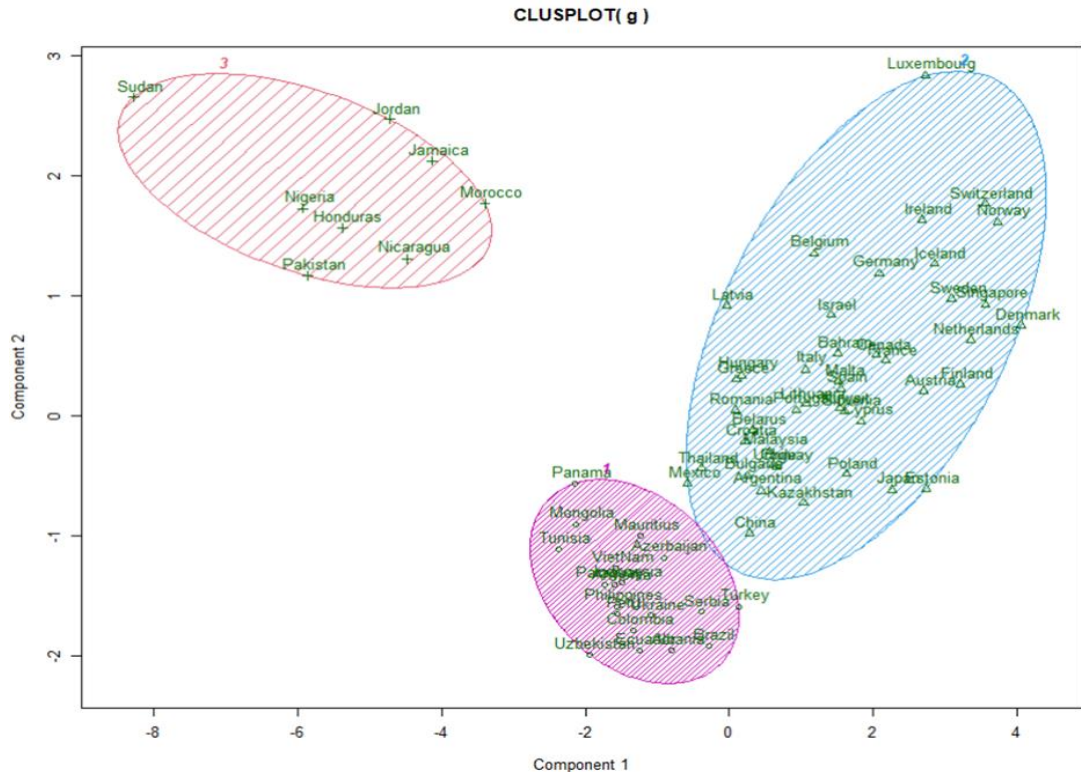


Рисунок 12. Графік розбиття країн на кластери

Можна прослідкувати, що кластер з країнами з середнім рівнем розвитку економіки та цифрових технологій (рожевий) та кластер з країнами з високим рівнем розвитку економіки та цифрових технологій (блакитний) дуже сильно наближені один до одного.

Побудуємо діаграми розсіювання для пар показників і виділятимемо точки, що відносяться до різних кластерів, різним кольором. Результати де-яких пар зображено на рис.

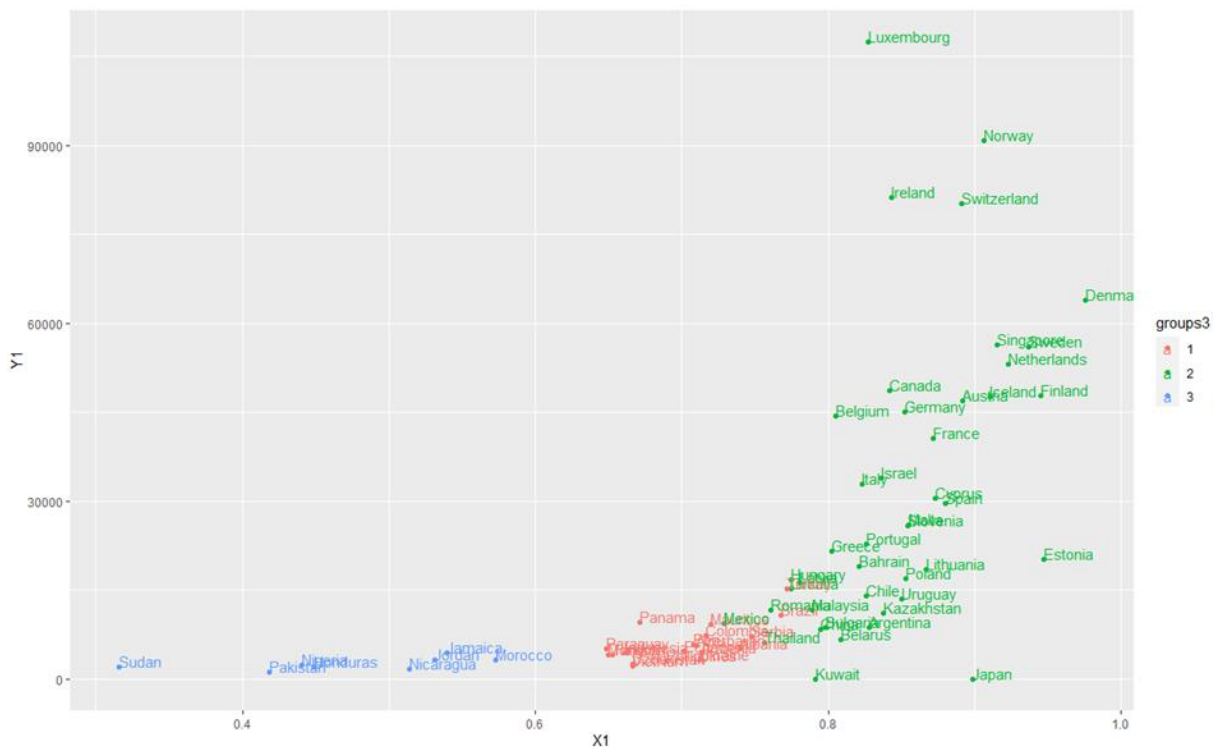


Рисунок 13. Діаграма розсіювання для пари Y1 та X1

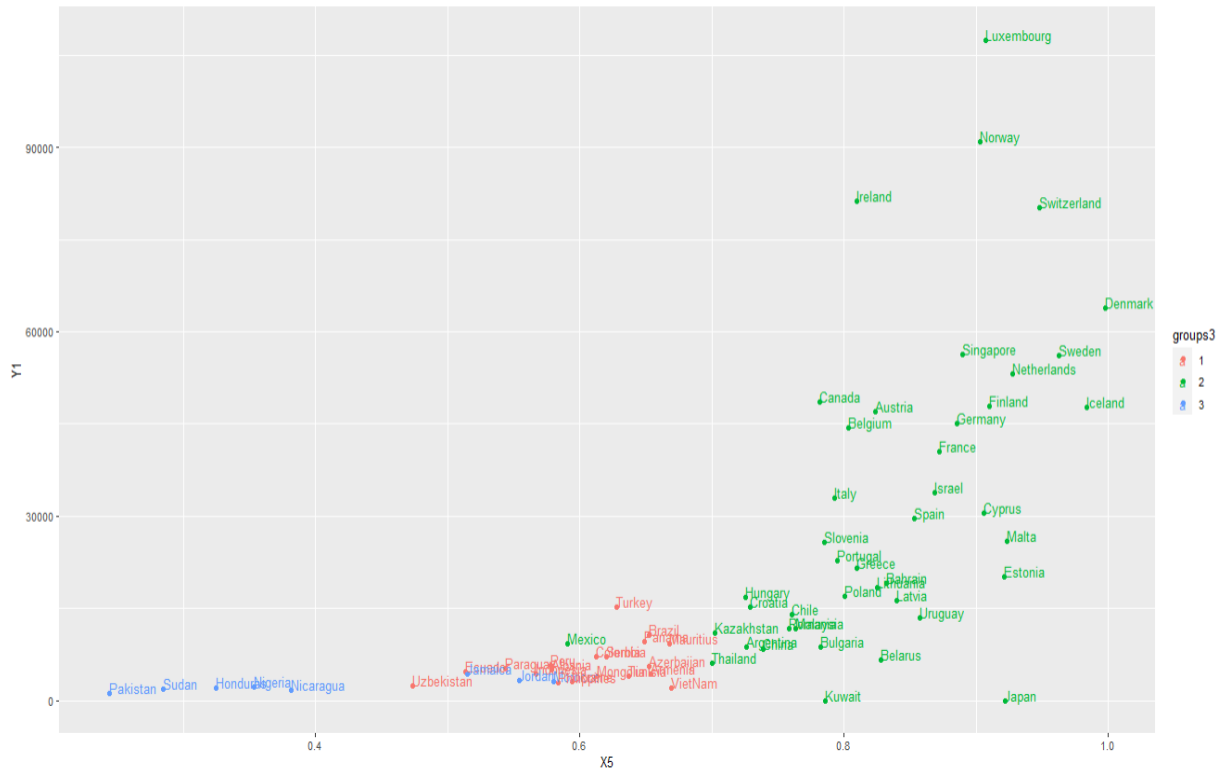


Рисунок 14. Діаграма розсіювання для пари Y1 та X5



Рисунок 15. Діаграма розсіювання для пари Y2 та X1

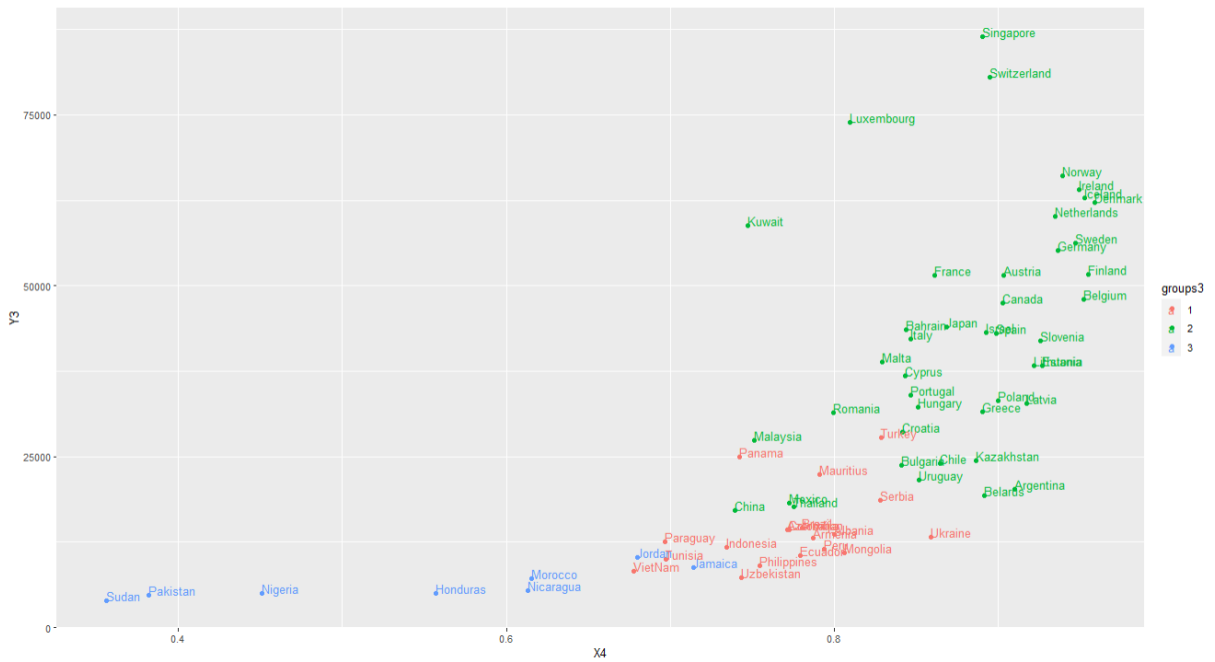


Рисунок 16. Діаграма розсіювання для пари Y3 та X4

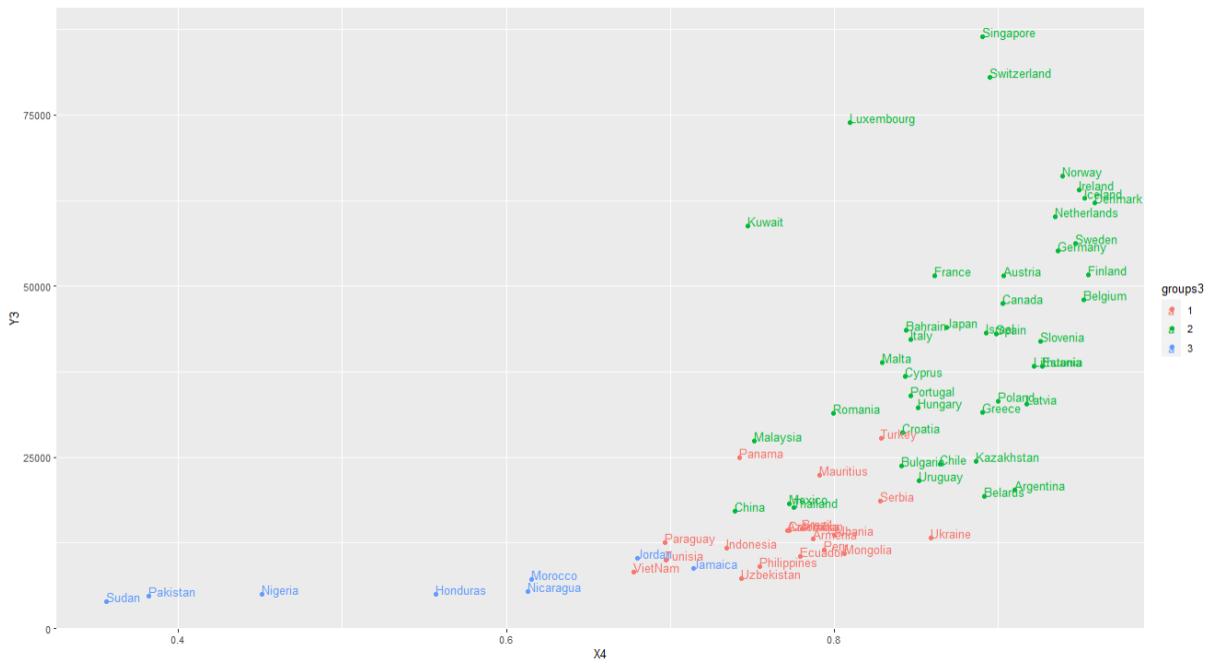


Рисунок 17. Діаграма розсіювання для пари Y3 та X6

Дивлячись на ці діаграми розсіювання можна сказати, що розподіл на три кластери цілком вдався: точки різного кольору утворюють сформовані, досить "щільні" групи. Але є винятки, це пов'язано з тим, що країни мають досить нетипові показники, тому навряд чи вони рівно ляжуть у будь-який поділ на групи.

Проведемо аналіз по діаграмам розсіювання. На рис. 13 можна спостерігати, що Японія, Кувейт, Білорусь та Естонія мають низький рівень ВВП на душу населення, але високий індекс цифрового уряду. Люксембург має високий рівень ВВП на душу населення і високий індекс цифрового уряду. Також можна помітити, що Мексика, Тайланд та Румунія мають зміщення до кластера країн з середнім рівнем розвитку цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників ці країни можна віднести до кластера № 1. Бразилія та Туреччина мають зміщення до кластера країн з високим розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників ці країни можна віднести до кластера № 2.

На рис. 14 можна спостерігати, що Японія, Білорусь, Кувейт, Естонія і Мальта мають низький рівень ВВП на душу населення, але високий індекс телекомунікаційної інфраструктури. Люксембург та Норвегія мають високий рівень ВВП на душу населення та достатньо високий індекс телекомунікаційної інфраструктури. Такі країни як Казахстан, Аргентина та Тайланд мають низький рівень ВВП на душу населення, але вище середнього індекс телекомунікаційної інфраструктури. Йорданія, Ямайка, Марокко та Мексика мають зміщення до кластера краї з середнім розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників ці країни можна віднести до кластера № 1.

На рис. 15 можна спостерігати, що Греція та Іспанія, мають високий рівень безробіття, але високий індекс цифрового уряду. Кувейт та Тайланд мають низький рівень безробіття, але високий індекс цифрового уряду. Данія має дуже високий індекс цифрового уряду і середні рівень безробіття. Мексика мають зміщення до кластера краї з середнім розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників ці країни можна віднести до кластера № 1.

На рис. 16 можна спостерігати, що Кувейт має високий рівень ВНД на душу населення, але середній індекс людського капіталу. Швейцарія та Сінгапур мають високий рівень ВНД на душу населення і достатньо високий індекс людського капіталу. Малайзія, Китай, Тайланд, Мексика, Йорданія та Ямайка мають зміщення до кластера краї з середнім розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників ці країни можна віднести до кластера № 1. Туреччину має зміщення до кластера країн з високим розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників цю країну можна віднести до кластера № 2.

На рис. 17 можна спостерігати, що Сінгапур має високий рівень ВНД на душу населення та достатньо високий відсоток користувачів Інтернетом. Бахрейн має середній рівень ВНД на душу населення та дуже високий відсоток користувачів Інтернетом. Ямайка, Нігерія, Йорданія, Марокко, Болгарія, Мексика, Тайланд, Китай, Уругвай, Аргентина, Білорусь мають зміщення до кластера краї з середнім розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників ці країни можна віднести до кластера № 1. Туреччина має зміщення до кластера країн з високим розвитком цифрових технологій та економіки, тому за цією парою показників цю країну можна віднести до кластера № 2.

Отже, за допомогою кластерного аналізу вдалося: визначити оптимальну кількість кластерів для країн та їх показників за 2020 рік, побудувати дендограму та здійснити ієрархічний кластерний аналіз, зробити оцінку якості кластерного аналізу, розділити країни на 3 групи та побудувати діаграми розсіювання для пар показників. Кластерний аналіз показав як краще розбити країни на 3 групи за тими показниками, які відображають цифровий та економічний розвиток краї.

Побудуємо модель множинної регресії для України по досліджуваним показникам з 2012 року по 2020 рік. Дана модель дозволить зробити прогноз значень для результуючих показників Y_1 (ВВП на душу населення), Y_2 (рівень безробіття) та Y_3 (ВНД на душу населення).

Використовуючи методи кореляційно-регресійного аналізу та оцінки моделей та їх залишків отримали варіанти лінійних множинних економетричних моделей:

$$Y_1 = -5152.80 + 9395.57 * X_4 + 28.50 * X_6 - 2320.22 * X_1.$$

$$Y_2 = 33.7377 - 28.9733 * X_4.$$

$$Y_3 = 2198.83 + 224.40 * X_6 - 4503.41 * X_2.$$

Отримані моделі є адекватними і можуть використовуватися для прогнозування.

Тепер використаємо побудовані моделі для прогнозування результуючих змінних на 2021 рік. Дослідимо вплив факторних змінних на результуючі при їх збільшенні та зменшенні.

Спочатку проведемо дослідження для Y1. Збільшимо та зменшимо X4 (індекс людського капіталу) на 5% при незмінних інших факторів, по відношенню до 2020 року. Результат на рис. 18 – 19.

| Predicting Values for (Spreadshe variable: Y1 | | | |
|-----------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X4 | 9395,57 | 0,90206 | 8475,32 |
| X6 | 28,50 | 66,60000 | 1898,15 |
| X1 | -2320,22 | 0,71190 | -1651,76 |
| Intercept | | | -5152,80 |
| Predicted | | | 3568,90 |
| -95,0%CL | | | 3252,80 |
| +95,0%CL | | | 3885,01 |

Рисунок 18. Збільшення X4 на 5% для результуючої змінної Y1

| Predicting Values for (Spreadshe variable: Y1 | | | |
|-----------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X4 | 9395,57 | 0,81615 | 7668,15 |
| X6 | 28,50 | 66,60000 | 1898,15 |
| X1 | -2320,22 | 0,71190 | -1651,76 |
| Intercept | | | -5152,80 |
| Predicted | | | 2761,73 |
| -95,0%CL | | | 2504,52 |
| +95,0%CL | | | 3018,94 |

Рисунок 19. Зменшення X4 на 5% для результуючої змінної Y1

Отже, при збільшенні X4 на 5% бачимо, що $Y1_{\text{пр}} = 3568.90$, і значення може коливатися: $3252.80 \leq \hat{Y1} \leq 3885.01$. Прогнозне значення на 2021 рік більше на 14.54% за значення 2020 року, при умові, якщо індекс людського капіталу збільшити на 5%. При зменшенні X4 на 5% бачимо, що $Y1_{\text{пр}} = 2504.52$, і значення може коливатися: $2761.73 \leq \hat{Y1} \leq 3018.94$. Прогнозне значення на 2021 рік менше на 19.62% за значення 2020 року, при умові, якщо індекс людського капіталу зменшити на 5%.

Збільшимо та зменшимо X4 (індекс людського капіталу), X6 (відсоток користувачів Інтернетом) та X1 (індекс електронного уряду) на 5%, по відношенню до 2020 року. Результат на рис. 20 – 21.

| Predicting Values for (Spreadshe variable: Y1 | | | |
|-----------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X4 | 9395,57 | 0,90206 | 8475,32 |
| X6 | 28,50 | 69,93000 | 1993,06 |
| X1 | -2320,22 | 0,74750 | -1734,35 |
| Intercept | | | -5152,80 |
| Predicted | | | 3581,22 |
| -95,0%CL | | | 3248,53 |
| +95,0%CL | | | 3913,92 |

Рисунок 20. Збільшення X4, X6 та X1 на 5% для результуючої змінної Y1

| Predicting Values for (Spreadshe variable: Y1 | | | |
|-----------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X4 | 9395,57 | 0,81615 | 7668,15 |
| X6 | 28,50 | 63,27000 | 1803,24 |
| X1 | -2320,22 | 0,67630 | -1569,18 |
| Intercept | | | -5152,80 |
| Predicted | | | 2749,41 |
| -95,0%CL | | | 2511,65 |
| +95,0%CL | | | 2987,18 |

Рисунок 21. Зменшення X4, X6 та X1 на 5% для результуючої змінної Y1

Отже, при збільшенні X1, X4, X6 на 5% бачимо, що $Y_{1\text{пр}} = 3581.22$, і значення може коливатися: $3248.53 \leq \widehat{Y}_1 \leq 3913.92$. Прогнозне значення на 2021 рік більше на 14.94% за значення 2020 року, при умові, якщо індекс людського капіталу, індекс електронного уряду та відсоток користувачів Інтернетом збільшити на 5%. При зменшенні X1, X4, X6 на 5% бачимо, що $Y_{1\text{пр}} = 2749.41$, і значення може коливатися: $2511.65 \leq \widehat{Y}_1 \leq 2987.18$. Прогнозне значення на 2021 рік менше на 11.76% за значення 2020 року, при умові, якщо індекс людського капіталу, індекс електронного уряду та відсоток користувачів Інтернетом зменшити на 5%.

Проведемо дослідження для Y2. Збільшимо та зменшимо X4 (індекс людського капіталу) на 5%, по відношенню до 2020 року. Результат на рис. 22 – 23.

| Predicting Values for (Spreadshe variable: Y2 | | | |
|-----------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X4 | -28,9733 | 0,902055 | -26,1355 |
| Intercept | | | 33,7377 |
| Predicted | | | 7,6022 |
| -95,0%CL | | | 6,8650 |
| +95,0%CL | | | 8,3393 |

Рисунок 22. Збільшення X4 на 5% для результуючої змінної Y2

| Predicting Values for (Spreadshe variable: Y2 | | | |
|-----------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X4 | -28,9733 | 0,816145 | -23,6464 |
| Intercept | | | 33,7377 |
| Predicted | | | 10,0913 |
| -95,0%CL | | | 9,2899 |
| +95,0%CL | | | 10,8927 |

Рисунок 23. Зменшення X4 на 5% для результуючої змінної Y2

Отже, при збільшенні X_4 на 5% бачимо, що $Y_{2\text{пр}} = 7.6022$, і значення може коливатися: $6.8650 \leq \widehat{Y}_2 \leq 8.3393$. Прогнозне значення на 2021 рік менше на 17,37% за значення 2020 року, при умові, якщо індекс людського капіталу збільшити на 5%. При зменшенні X_4 на 5% бачимо, що $Y_{2\text{пр}} = 10.89$, і значення може коливатися: $9.2899 \leq \widehat{Y}_2 \leq 10.8927$. Прогнозне значення на 2021 рік більше на 18.37% за значення 2020 року, при умові, якщо індекс людського капіталу зменшити на 5%.

Проведемо дослідження для Y_3 . Збільшимо та зменшимо X_2 (індекс електронної участі) та X_6 (відсоток користувачів Інтернетом) на 5%, по відношенню до 2020 року. Результат на рис. 24 – 25.

| Predicting Values for (Spreadsheet variable: Y3) | | | |
|--------------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X6 | 224,40 | 69,93000 | 15692,29 |
| X2 | -4503,41 | 0,84998 | -3827,79 |
| Intercept | | | 2198,83 |
| Predicted | | | 14063,33 |
| -95,0%CL | | | 13440,92 |
| +95,0%CL | | | 14685,74 |

Рисунок 24. Збільшення X_2 та X_6 на 5% для результуючої змінної Y_3

| Predicting Values for (Spreadsheet variable: Y3) | | | |
|--------------------------------------------------|----------|----------|------------------|
| Variable | b-Weight | Value | b-Weight * Value |
| X6 | 224,40 | 63,27000 | 14197,78 |
| X2 | -4503,41 | 0,76903 | -3463,24 |
| Intercept | | | 2198,83 |
| Predicted | | | 12933,38 |
| -95,0%CL | | | 12501,91 |
| +95,0%CL | | | 13364,84 |

Рисунок 25. Зменшення X_2 та X_6 на 5% для результуючої змінної Y_3

Отже, при збільшенні X_2 та X_6 на 5% бачимо, що $Y_{3\text{пр}} = 14063.33$, і значення може коливатися: $13440.92 \leq \widehat{Y}_3 \leq 14685.74$. Прогнозне значення на 2021 рік більше на 6.06% за значення 2020 року, при умові, якщо відсоток користувачів Інтернетом та індекс електронної участі збільшити на 5%. При зменшенні X_2 та X_6 на 5% бачимо, що $Y_{3\text{пр}} = 12933.38$, і значення може коливатися: $12501.91 \leq \widehat{Y}_3 \leq 13364.84$. Прогнозне значення на 2021 рік менше на 2.46% за значення 2020 року, при умові, якщо відсоток користувачів Інтернетом та індекс електронної участі зменшити на 5%.

Отже, побудовано рівняння багатофакторної регресії для прогнозування результуючих змінних, оцінено вплив факторних змінних на модель та побудовано прогноз результуючих змінних при зростанні та зменшенні факторних змінних. Побудовані моделі показали, що на ВВП на душу населення істотно впливають індекс електронного уряду, індекс людського капіталу та відсоток користувачів Інтернетом, на рівень безробіття істотно впливає індекс людського капіталу, на ВНД на душу населення істотно впливає індекс електронної участі та відсоток користувачів Інтернетом. Побудовані прогнози показали, як вплине зростання та зменшення показників розвитку цифрових технологій на економічну діяльність України.

Отже, в даному розділі за допомогою моделей панельних даних та проведених тестів оцінено вплив цифрових технологій на економічну діяльність країн, аналіз моделей та

побудовані тести показали які краще моделі використовувати для діагностики результуючих показників. Також в даному розділі побудовано кластерні аналізи та поділено досліджуванні країни на групи по обраних показниках, побудовано регресійні моделі для України по показникам Y1 (ВВП на душу населення), Y2 (рівень безробіття) та Y3 (ВНД на душу населення), оцінено вплив факторних змінних на модель, побудовано прогноз для результуючих показників при збільшенні та зменшенні змінних, які істотно впливають на модель та були включенні в побудову моделі.

Висновки

У даній роботі було розглянуто моделі оцінки впливу цифрових технологій на економіку країн. Поняття «цифрові технології», «блокчейн» та «цифрові активи» дали зрозуміти що собою представляють цифрові технології та як вони можуть бути пов'язані з економікою країн та світом.

В роботі для проведення дослідження взято показники, які характеризують економічну діяльність країн та розвиток цифрових технологій. Показники які характеризують економічну діяльність країн: ВВП на душу населення, ВНД на душу населення та рівень безробіття. Ці показники результуючі, так як описують рівень економічного розвитку країн. Показники які характеризують розвиток цифрових технологій країн: індекс розвитку електронного уряду, індекс електронної участі, індекс розвитку онлайн-сервісів, індекс людського капіталу, індекс телекомунікаційної інфраструктури, відсоток користувачів Інтернетом. Ці показники факторні.

За допомогою побудованих моделей панельних даних та F-теста, теста Бройша-Пагана та теста Хаусмана досліджено, що вплив цифрових технологій на економіку країн наявний, це помітно на таких показниках як ВВП на душу населення й ВНД на душу населення. Також на результуючі показники, які відображають економічну діяльність країн, істотний вплив мають індекс електронної участі та відсоток користувачів Інтернетом. Аналіз моделей та тестів показали які краще моделі використовувати для подальшої діагностики результуючих показників.

Завдяки кластерному аналізу вдалося: визначити оптимальну кількість кластерів для країн та їх показників за 2020 рік, побудувати дендограму та здійснити ієрархічний кластерний аналіз, зробити оцінку якості кластерного аналізу, розділити країни на 3 групи та побудувати діаграми розсіювання для пар показників. Кластерний аналіз показав як краще розбити країни на 3 групи за тими показниками, які відображають цифровий та економічний розвиток країн.

Побудовані рівняння багатофакторної регресії дали змогу зробити прогноз результуючих змінних. Завдяки моделям багатофакторної регресії оцінено вплив показників, що відображають розвиток цифрових технологій, на показники, що відображають економічну діяльність краї. Побудовано прогноз при зростанні та зменшенні факторних змінних. Побудовані моделі показали, що на ВВП на душу населення істотно впливають індекс електронного уряду, індекс людського капіталу та відсоток користувачів Інтернетом, на рівень безробіття істотно впливає індекс людського капіталу, на ВНД на душу населення істотно впливає індекс електронної участі та відсоток користувачів Інтернетом. Побудовані прогнози показали, як вплине зростання та зменшення показників розвитку цифрових технологій на економічну діяльність України.

Подяки

Немає

Конфлікт інтересів

Немає

Список використаних джерел

1. Guryanova, L., Klebanova, T., & Prokopovych, S. (2016). Applied econometrics: a tutorial: in two parts. Part 2: [Electronic edition] (T. 2). Kharkiv: S. Kuznets KhNUE. Retrieved from <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/19842>.
2. International Accounting Standards. IAS Plus. (n.d.) Retrieved from <https://www.iasplus.com/en/standards/ias>
3. K-means Cluster Analysis. UC Business Analytics R Programming Guide. (n.d.). Retrieved from https://uc-r.github.io/kmeans_clustering
4. Kud, A. A. (2019). Substantiation of the Term “Digital Asset”: Economic and Legal Aspects. *International Journal of Education and Science*. doi:10.26697/ijes.2019.1.06
5. Kud, O., Kucheriavenko, M., & Smychok, Y. (2019). Digital assets and their legal regulation in the world of blockchain technology development: monograph. Kharkiv: Law.
6. Minfin. (n.d.). Retrieved from <https://minfin.com.ua/>
7. Panfilov, O. Ye. (2019). Comparative legal analysis of the definition of the concept of “cryptocurrency” in Ukraine and countries around the world. In *Legal life of modern Ukraine: Volume 2*: (p. 72). Odesa: "Helvetika" Publishing House.
8. Spirin, O. M., & Ostrianska, O. A. (Edit.). (2021). Professional development of specialists in the context of digitalization of society: modern trends. Zhytomir: I. Franko ZhSU.
9. UN e-Government Knowledgebase. (n.d.). Retrieved from <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/>
10. What is cluster analysis? Overview and examples. (n.d.). Retrieved from <https://www.qualtrics.com/experience-management/research/cluster-analysis/#:~:text=Cluster%20analysis%20is%20a%20statistical,how%20closely%20associated%20they%20are.>
11. World Bank Open Data. (n.d.). Retrieved from <https://data.worldbank.org/>