

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти
Спеціальність
Освітня програма
Група

Другий (магістерський)
Економіка
Економічна кібернетика
8.04.051.020.21.1

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Моделювання розвитку ІТ-сектору економіки
країн»

Виконав: студент Денис КУДРЯВЕЦЬ

Керівник: к.е.н., доцент Любов ЧАГОВЕЦЬ

Рецензент: доцентка кафедри міжнародних економічних відносин
імені Артура Голікова
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
Олена ХАНОВА

Харків – 2022 рік

РЕФЕРАТ

Звіт про дипломну роботу: 79 сторінок, 3 розділи, 31 рисунок, 1 таблиця, 73 джерела.

Об'єктом дослідження є процеси розвитку ІТ-сектору економіки країн в сучасних умовах глобалізації.

Мета дослідження полягає у розробці економіко-математичних моделей оцінки й аналізу рівня ІТ- сектору країн Європи та України на різних рівнях ієрархії управління, що дозволяють проаналізувати слабкі і сильні сторони цього сектору, сформулювати рекомендації.

У рамках дипломної роботи було розглянуто та вирішено такі завдання: досліджено проблему розвитку ІТ-сектору економіки країн; проаналізовано особливості та тренди розвитку ІТ-індустрії; розроблено комплекс моделей оцінки рівня розвитку ІТ-сектору економіки в країнах і проведено рейтингове порівняння; сформовано систему показників ІТ-сектору. Побудовано моделі класифікації країн Європи за рівнем ІТ розвитку; проведено аналіз стану ІТ-сфери України на Європейському ринку; розроблено модель прогнозування ІТ-сфери України; запропоновано теоретичні та практичні рекомендації щодо покращення рівня ІТ-сфери.

Результати дослідження можуть бути використані під час реалізації світових та регіональних програм аналізу рівня розвитку ІТ-сектору країн.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІТ-СЕКТОР, МОДЕЛЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, STATISTICA, K-MEANS, МЕТОД УОРДА, ДИСКРИМІНАНТНИЙ АНАЛІЗ, МНОЖИННА РЕГРЕСІЯ

ABSTRACT

Thesis report: 79 pages, 3 chapters, 31 figures, 1 tables, 73 sources.

The object of the research is the development processes of the IT sector of the economy of countries in modern conditions of globalization.

The purpose of the research is to develop economic-mathematical models of assessment and analysis of the level of the IT sector of European countries and Ukraine at different levels of development, which allow analyzing the weak and strong sides of this sector, formulating recommendations.

Within the framework of the thesis, the problem of the development of the IT sector of the country's economy was considered; the peculiarities and trends of the development of the IT industry were analyzed; a set of models for assessing the level of development of the IT sector of the economy in countries was developed and a rating comparison was conducted; a system of indicators of the IT sector has been formed. Classification models of European countries by the level of IT development were built; an analysis of the state of the IT sphere of Ukraine on the European market was carried out; a forecasting model for the IT sphere of Ukraine was developed; theoretical and practical recommendations for improving the level of the IT sphere are offered.

The results of the research can be used during the implementation of global and regional programs of analysis of the level of development of the IT sector of countries.

KEY WORDS: IT SECTOR, MODEL, SIMULATION, STATISTICA, K-MEANS, WARD'S METHOD, DISCRIMINANT ANALYSIS, MULTIPLE REGRESSION.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ІТ-СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ КРАЇН	11
1.1. Поняття та особливості ІТ-ринку	11
1.2. Система індикаторів та показників оцінки рівня ІТ-сектору економіки країни	20
1.3. Аналіз сучасних підходів оцінки рівня розвитку ІТ-сектору економіки країн	27
РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ РІВНЯ РОЗВИТКУ	34
ІТ-СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ КРАЇН	34
2.1. Концептуальна схема оцінки та аналізу ІТ-сектору економіки країн	34
2.2. Використання регресійних моделей для оцінки та прогнозу розвитку ІТ-сектору.....	37
2.3. Методи класифікації в оцінці й аналізу стану ІТ-сектору.....	42
2.4. Метод багатовимірної класифікації для аналізу ІТ-сектору	48
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РОЗВИТКУ ІТ-СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ КРАЇН.....	51
3.1. Побудова моделі класифікації країн Європи за станом розвитку ІТ-сектору.....	51
3.2. Аналіз відмінностей у групах на основі методів дискримінантного аналізу	59
3.3. Прогнозування розвитку ІТ-сектора України за допомогою множинної регресії.....	63
ВИСНОВОК.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ВСТУП

Розвиток ІТ-сектору країни неможливий без використання цифрової економіки. Адже цифрова економіка сучасного світу є вимогою століття, оскільки використання цифрових технологій охоплює всі сфери життя, а також дозволяє використовувати нові можливості. Розвиток Інтернету, мобільних комунікацій, онлайн сервісів виступає основним інструментом формування цифрової економіки та ІТ-сектору країни в цілому. Ці процеси впливають на всі сектори економіки і соціальної діяльності, виробництво, медицину, освіту, фінанси, транспорт, тощо.

Розширення цифрової інфраструктури сприяє розвитку міжнародної економіки. Для країн Європейського Союзу ІТ-ринок є пріоритетним напрямком та стратегічною метою розвитку цифрової економіки. Україна також намагається впровадити використання цифрових технологій у всі сфери діяльності.

В роботах українських науковців В. Геєць, Ю. Бажал, Ю. Полунєєв, О. Шнипко та інших, що мають відношення до вивчення ІТ-сектору України, наведені особливості та тенденції розвитку ІТ-ринку України, розглянуто методичні рекомендації для підвищення функціонування ІТ-сектору. Зокрема, в науковій роботі «ІТ-аутсорсинг: побудова взаємовигідного співробітництва» П. Готшальк та Х. Соллі-Сетер вважають основним напрямком підвищення конкурентоспроможності ІТ-сектору національних економік це стимулюванні ІТ-аутсорсингу.

Мета роботи полягає у розробці економіко-математичних моделей оцінки й аналізу рівня ІТ-сектору країн Європи та України на різних рівнях ієрархії управління, що дозволяють проаналізувати слабкі і сильні сторони цього сектору, сформулювати рекомендації.

Для цього були поставлені такі задачі:

проаналізувати особливості та тренди розвитку ІТ-сектору

розробити комплекс моделей оцінки рівня розвитку ІТ-ринку в країнах і провести рейтингове порівняння рівня розвитку та обґрунтувати використання основних методів моделювання;

розробити концептуальну схему моделювання оцінки ІТ-сектору економіки країн;

розробити моделі оцінки взаємозв'язку показників ІТ-індустрії;

побудувати моделі класифікації країн Європи за рівнем ІТ-розвитку;

побудувати аналіз стану ІТ-сфери України на Європейському ринку;

розробити модель прогнозування ІТ-сфери України;

запропонувати теоретичні та практичні рекомендації щодо покращення ІТ-сфери;

Об'єктом дослідження є процеси розвитку ІТ-сектору економіки країн в сучасних умовах глобалізації.

Предметом дослідження є методи та моделі ІТ-розвитку країни.

Дана тема є актуальною оскільки розвиток ІТ-сектору істотно впливає на зростання продуктивності праці і рівня життя населення. Працівники ІТ-сектору формують інвестиційно привабливий імідж України співпрацюючи з міжнародними компаніями, що є поштовхом для підвищення конкурентоспроможності національної економіки країни. А це в свою чергу веде до збільшення зайнятості та рівня життя населення, а також розвитку цифрових технологій.

Результати дослідження можуть бути використані під час реалізації світових та регіональних програм аналізу рівня розвитку ІТ-сектору країн.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ІТ-СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ КРАЇН

1.1. Поняття та особливості ІТ-ринку

Поняття цифрової економіки складне і багатогранне явище. Серед науковців існує твердження, що цифрова економіка ґрунтується на використанні цифрових технологій. Структура розвитку ІТ-сектору економіки країни стрімко зростає, так як масштаби такої діяльності швидко змінюються.

Цифрова економіка – це всесвітня мережа економічної діяльності, комерційних операцій і професійних взаємодій, які підтримуються інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) [10]. Основна характеристика цієї економіки є цифрові технології, які основані на використанні технологій блокчейн, великих даних, квантових технологій, віртуальної реальності тощо.

Процес, спрямований на оцифрування всіх інформаційних і матеріальних ресурсів створення цифрових копій та формування мережевих платформ взаємодії, з метою отримання прогнозованого та гарантованого результату у свою чергу є цифровізація.

В останнє десятиліття ІТ- ринок розвивається з величезною швидкістю. Розвиток Інтернету, мобільних комунікацій, онлайн сервісів виступає базовим інструментом формування ІТ-сектору економіки країн. Адже вони впливають на соціально-економічну діяльність підприємства, на освіту, на фінанси, на охорону здоров'я тощо.

У міжнародному сенсі цифрова економіка – це мережева, системно-організована просторова структура взаємовідносин між господарюючими суб'єктами. Вона містить сектор створення і використання нової інформації, технологій та продуктів; телекомунікаційні послуги; електронний бізнес; електронну торгівлю, електронні ринки, дистанційне обслуговування й інші компоненти [12]. Цифрова економіка підкреслює можливість і необхідність

для організацій і приватних осіб використовувати технології для виконання поставлених завдань краще, швидше і часто інакше, ніж раніше.

Розвиток ІТ-сектору потрібен і для створення зручних майданчиків для комфортної взаємодії держави і громадян, і для зниження адміністративного навантаження на бізнес, і для підвищення прозорості та ефективності економіки та всієї системи держуправління. Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) може бути в різних областях, таких як: бізнес, медицина, банківська система і інші, що призвело до зміни економіки, її автоматизації і цифровізації.

Отже, цифрова економіка стає поштовхом для розвитку передових технологій та її платформ. Ці технології і платформи містять розширену аналітику, розповсюдження бездротових мереж, мобільних пристроїв та соціальних мереж. Отже, ІТ-сектор використовує ці технології, як індивідуально, так і узгоджено, для переробки традиційних обмінів інформацією та створенню нових.

Для того щоб конкурувати на ринку ІТ-компаніям потрібні висококваліфіковані робітники, здатні до інновацій і використання цифрових технологій. Цифрова економіка забезпечує побудову цифрових бізнес-моделей за допомогою:

- стимулювання зростання основного бізнесу організації;
- виявлення та створення нових цифрових моделей бізнесу;
- забезпечення довгострокової конкурентоспроможності.

На рис.1.1 зображено аналіз світових цифрових трендів, що передбачає прогнозування розвитку конкретного економічного, технологічного та навіть соціального явища в майбутньому [9].

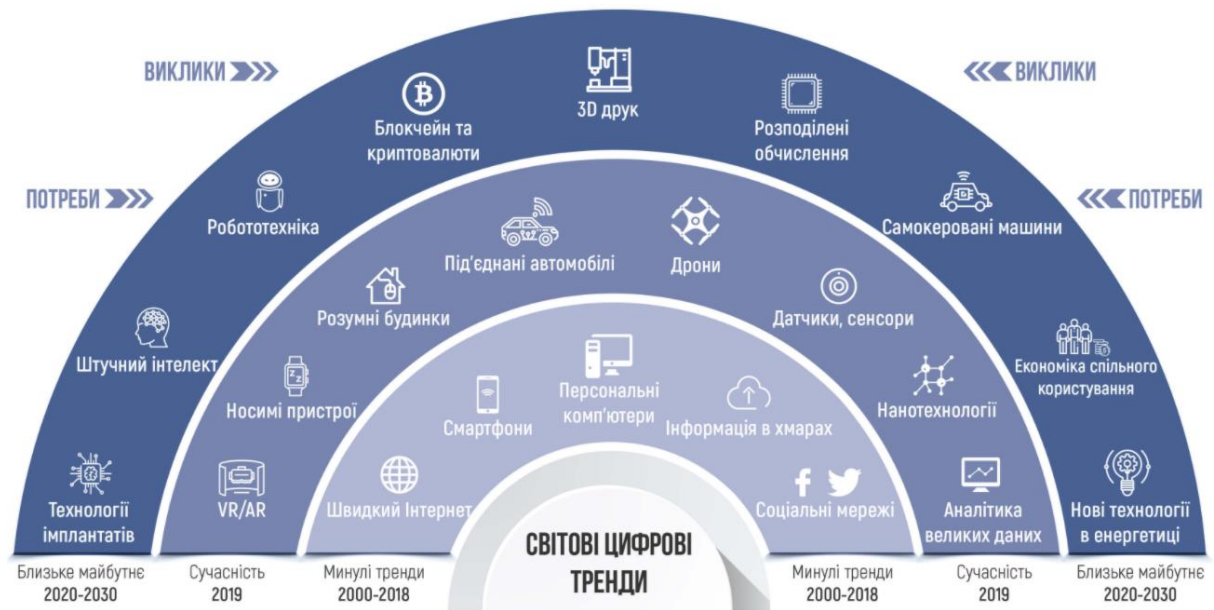


Рис.1.1. Ключові цифрові тренди

Отже, питання конкуренції, що виникають в ІТ- секторі, стають все більш значущими. Конкуренція на цифрових ринках має певні відмінні риси. По-перше, домінування або навіть монополія інтернет-платформ практично завжди несе бізнес успіх. По-друге, цифрові ринки характеризуються високими темпами інвестицій та інновацій, які призводять до швидкого технологічного прогресу в галузі. Конкуренція на ІТ-ринках історично часто носить циклічний характер. Успішна фірма може придбати значну ринкову владу, але це домінування може виявитися уразливим для наступного циклу інновацій.

Всі аспекти суспільства пронизує цифрова економіка, включаючи те, як взаємодіють люди, економічний ландшафт, навички, необхідні для отримання хорошої роботи, і навіть прийняття політичних рішень [10]. Цифрова економіка стає генератором нових наукових досліджень, підживлюючи робочі місця та економічне зростання країни.

Деякі вчені виділяють три базові складові ІТ-сектору економіки країн [16]:

1. Інфраструктура, що включає апаратні засоби, програмне забезпечення, телекомунікації тощо;

2. Електронні ділові операції, що охоплюють бізнес-процес, реалізовані через комп'ютерні мережі в рамках віртуальних взаємодій між суб'єктами віртуального ринку;

3. Електронна комерція, представляє собою в даний час найбільший сегмент ІТ-сектору.

Також віртуальні валюти є однією з яскравих ознак цифрової економіки. Ціла низка держав Європейського Союзу оголосив про намір використовувати технологію блокчейн для створення власної віртуальної валюти, яка буде випускатися та контролюватися відповідним центральним банком. Віртуальні валюти є потенційною альтернативою для країн і територій з нерозвиненою банківською системою та обмеженими фінансовими послугами для фізичних і юридичних осіб [5].

У технологічному аспекті в ІТ-секторі визначають чотири тренди:

мобільні технології;

бізнес-аналітика;

хмарні обчислення;

соціальні медіа (Facebook, YouTube, Twitter, LinkedIn, Instagram);

Розвиток цифрових технологій буде мати важливе значення для досягнення практично всіх цілей і торкнеться всіх країн. В даний час в світі спостерігається колосальний розрив між країнами зі слабким розвитком Інтернет зв'язку і країнами з вельми високим рівнем цифровізації. Наприклад, в найменш розвинених країнах інтернетом користується лише кожен п'ятий житель, тоді як в розвинених країнах доступ до інтернету мають четверо з кожних п'яти осіб. Це лише один з прикладів цифрового розриву. В інших областях, де можливе використання цифрових даних і передових технологій, цей розрив значно більший. Наприклад, в Африці і Латинській Америці в сукупності знаходиться менше 5% всіх орендованих центрів з обробки даних в світі. Без прийняття відповідних заходів даний розрив призведе до подальшого збільшення нерівності в розподілі доходів.

У зв'язку з цим необхідно зрозуміти, яким чином ІТ-революція може вплинути на країни, що розвиваються з точки зору створення вартості і отримання вигоди і що необхідно зробити для покращення існуючого стану справ.

В економічному розвитку ІТ-індустрії провідну роль незмінно грають дві країни, одна з яких є розвиненою, а інша – розвивається, а саме Сполучені Штати і Китай. Наприклад, на них припадає 75 % всіх патентів, пов'язаних з технологіями блокчейн, 50% світових витрат на Інтернет речей і більше 75% світового, ринку відкритих технологій хмарних обчислень. І найбільш показово, що на їх частку припадає 90% ринкової капіталізації та 70% найбільших цифрових платформ світу. Частка Європи становить 4%, а Африки і Латинської Америки в сукупності - всього 1% [13]. Таким чином, у багатьох областях розвитку ІТ-індустрії набагато відстають Африка та Латинська Америка від Сполучених Штатів і Китаю.

В Україні Європейський Союз розпочав нову програму «EU4Digital». Мета якої полягає у підтримці цифрової економіки та суспільства у Східному партнерстві. «EU4Digital» націлена на стимулювання економічного росту, створення робочих місць, покращення життя людей та допомоги бізнесу для ринку України та інших держав.

Стосовно України, то більшість експертів наполягають на тому, що українська ІТ-індустрія займає одне з провідних місць на світовому ринку технологій. Основною підставою для такого висновку є те, що Україна займає лідируючі позиції у сфері ІТ-аутсорсингу, особливо у виконанні складних завдань на замовлення високотехнологічних компаній за відносно невеликі кошти. Україна є лідером серед країн-аутсорсерів в Європі. На експертну думку, досягти певного розвитку ІТ-галузі в Україні вдалося за рахунок зростання числа програмістів – з 42,4 тис. до 91,7 тис [10].

Кабінетом Міністрів України у 2020 році було прийнято рішення про довгострокову стратегію розвитку пріоритетних галузей та сфер життя

суспільства. Цього неможливо досягти без цілеспрямованого втручання державної політики на зростання ІТ-сфери (рис.1.2).

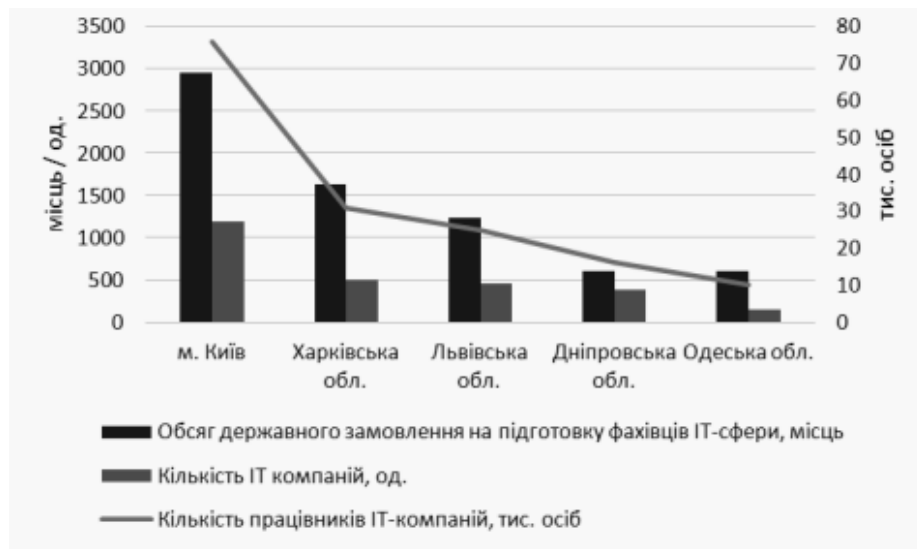


Рис. 1.2. Найкращі регіони України у розвитку ІТ-індустрії [10]

Оскільки розвиток ІТ-сектору безпосередньо пов'язаний із мережею Інтернет, то можливість його розвитку прямопропорційно залежить від наявності, географічного положення населеного пункту тощо.

За даними американської компанії «We Are Social» та канадської компанії «Hootsuite», які займаються глобальними соціологічними дослідженнями, і щороку оприлюднюють результати цифровізації в світі за різними показниками відповідно до кількості населення було проаналізовано стан цифровізації в Україні [21].

Як бачимо на рис. 1.3., кількість користувачів інтернетом в Україні збільшується щороку. Динаміка поширення інтернету впродовж чотирьох років в Україні показує, що кількість мобільних пристроїв перевищує кількість населення країни. Це пояснюється тим, що більша частина населення України має в користуванні декілька мобільних пристроїв (смартфон, планшет тощо).

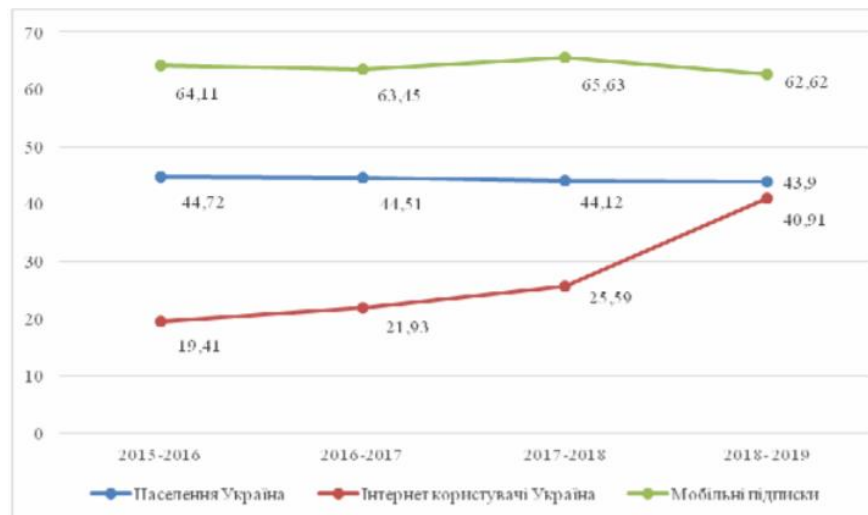


Рис. 1.3. Динаміка використання Інтернету в Україні [16]

IT Ukraine Association зробила прогноз для IT-ринку України в якому відображено стабільне зростання на 22-30% щороку, а чисельність фахівців збільшиться у 2 рази до 2024р. Цей сценарій може стати ще оптимістичнішим, але лише за умови, якщо на ринок заходитиме дедалі більше IT-бізнесів з власним продуктом. Проте, 90% українських IT-спеціалістів працюють саме на засадах аутсорсингу, а не як розробники власних IT-продуктів. В Україні – це переважно експортно-орієнтований аутсорсинг, коли українські компанії виконують роботу для іноземних замовників, які вже випускають програмний продукт під своїм брендом [16].

Україна досягла значних успіхів у розвитку цифрової платформи, а саме у наданні державних і муніципальних послуг. Наприклад, успішно розвиваються державна інформаційна система «Дія». Цю систему використовують для надання державних і муніципальних послуг в електронній формі. Також активно розвивається ринок цифрових товарів в високотехнологічних індустріях, деякі з яких вже перейшли в розряд галузей, що функціонують на глобальних цифрових ринках, де здійснюється оборот спеціалізованих галузевих товарів. У цьому ж напрямку відбуваються зміни інститутів, що реалізують дослідження і розробки. В останні двадцять років ринок торгівлі проходить етап укрупнення, перехід на забезпечення глобальними або регіональними цифровими платформами.

Найбільша проблема ІТ-сфери України є відсутність програмного продукту власної розробки. Дані Державного комітету статистики свідчать, що основною статтею грошових надходжень від українських програмістів є заробітна плата. Практично кожен айтишник, якого найме іноземна компанія, працює на умовах аутсорсингу. Річний обсяг таких доходів становить 4,1 млрд грн. Розширення українського ІТ-сектору відбувається не за рахунок збільшення його частки на світовому ринку, а за рахунок зростання обсягів послуг, що надаються у світі [36].

Зрозуміло що війна стала відчутним потрясінням для ІТ-сфери в Україні вона також стала великим потрясінням для іноземних замовників і інвесторів. Хоча більшість українських ІТ-спеціалістів продовжують працювати навіть після вторгнення 24 лютого 2022 року, дехто став отримувати навіть більше замовлень, що гарно впливає на економіку країни. Адже для держави це велика перевага бо збільшується кількість валюти за експортовані гроші.

Проте, для ІТ-спеціалістів не зовсім зрозуміла державна політика в цій сфері, через різницю закріпленого курсу з реальним. Таким чином ІТ-спеціалісти втрачають майже 20% заробітної плати. Це може спонукати українських ІТ-спеціалістів задуматися над зміною країни, а це буде вагома втрата для всієї економіки в цілому.

Хоча в Україні створюються сприятливі умови для розвитку інфраструктури цифрової економіки, все ще існує багато технічних особливостей, які не дозволяють всьому населенню країни мати доступ до засобів зв'язку в будь-який час. Для цього необхідно державну економічну політику стимулювати завдяки інноваціям. Існує тісний зв'язок між технологічними інноваціями та позитивними економічними показниками.

Завдяки зростанню цифрової економіки з'являється безліч нових економічних можливостей. Для спрощення обміну інформацією, здійснення операцій використовують саме цифрові платформи. З точки зору виробництв цифровізація може сприяти підвищенню якості товарів і послуг при скороченні

витрат на будь-якому ринку. Однак, отримання позитивних результатів цифровізації аж ніяк не гарантовано.

Працівники з недостатнім рівнем знань в цифрових технологіях виявляються в невідгідному положенні в порівнянні з тими, хто краще пристосований до цифрової економіки, традиційні місцеві компанії зіткнуться з жорсткою конкуренцією з боку вітчизняних і зарубіжних компаній, що використовують цифрові технології, а різні види діяльності просто зникнуть в результаті автоматизації.

ІТ-індустрія є єдиним сектором, який характеризується зростанням у всіх регіонах і який виступає одним з головних джерел зайнятості в секторі ІКТ. Протягом останніх десяти років світовий експорт послуг в сфері ІКТ і послуг, які можна надавати з використанням цифрових технологій, збільшувався набагато швидше, ніж весь експорт послуг в цілому, що свідчить про все більшу цифровізації світової економіки.

Стосовно України то вона посідає досить не погане місце у світовому рейтингу цифрового розвитку це видно на рис.1.4. Дане дослідження було проведене Ukrainian Institute For The Future.



Рис. 1.4. Показники цифрового розвитку України, згідно з міжнародними рейтингами

На сьогоднішній день дані стали новим економічним ресурсом, необхідним для створення вартості і отримання вигоди. Здатність контролювати дані має стратегічно важливе значення, оскільки це дозволяє

перетворити їх в «цифровий інтелект». Не дивно, що бізнес-моделі, засновані на даних все більшою мірою використовуються провідними компаніями в самих різних ІТ-секторах.

Підводячи підсумки, можна констатувати, що на даний момент, завдяки розвитку ІТ-сектору економіки країн, бажання і потреби людини реалізуються швидше і якісніше, а також, що для ефективного функціонування цифрової економіки необхідна взаємодія трьох елементів - логістика (канали здійснення зв'язку), електронний бізнес (можливість ведення підприємницької діяльності через комп'ютер та інтернет) і державна підтримка.

1.1 Система індикаторів та показників оцінки рівня ІТ-сектору економіки країни

Для підвищення конкурентоспроможності окремих галузей та секторів економіки урядом України визнаний пріоритетним ІТ-сектор, який займає високі позиції в світових рейтингах, а саме в ІТ-аутсорсингу. Це в свою чергу дає країні використовувати весь потенціал цифрової економіки, забезпечує конкурентну перевагу в боротьбі за інвесторів, створюючи відповідне середовище для цього. Це питання конкуренції за людей. Адже нічого важливішого, ніж людський капітал, не існує. Хоча, потенціал ІТ-сектору України вважається недостатньо реалізованим, що є причиною низької конкурентоспроможності галузі на світовому ІТ-ринку. У зв'язку з цим вимір рівня розвитку цифрової економіки конкретної країни і ступеня її цифровий глобалізації стає найважливішим завданням для дослідників.

Рівень розвитку ІТ-сектору економіки і рейтинг країни вимірюють на основі різних міжнародних індексів, які в свою чергу складаються з окремих субіндексів, що відповідають за цифрову трансформацію окремих секторів економіки і життя суспільства.

Найбільш розповсюдженими показниками оцінки рівня ІТ розвитку є такі індекси:

Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ICT Development Index – IDI);

Індекс цифрової трансформації (Global Connectivity Index, GCI);

Індекс цифрової економіки і суспільства (Digital Economy and Society Index – DESI);

Індекс світової цифрової конкурентоспроможності (IMD World Digital Competiveness Index – WDCI);

Індекс цифрової еволюції (Digital Evolution Index – DEI);

Індекс цифровізації економіки Boston Consulting Group (e-Intensity);

Індекс мережевої готовності (Networked Readiness Index - NRI);

Індекс розвитку електронного уряду (The UN Global E-Government Development Index – EGDI);

Глобальний індекс інновацій (The Global Innovation Index – GII).

Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (IDI) дозволяє оцінювати рівень розвитку ІТ-сектору економіки країн, в яких було використано цифрові технології і компетенції на підприємствах. Індекс інформаційно-комунікаційних технологій надає можливість проаналізувати зміни, що відбуваються, і помітити на якому рівні цифровізація. Оцінка найкращих лідерів ІТ-сектору дозволить учасникам ринку порівняти свої досягнення у цифрових інноваціях, оцінити рівень росту цифрових технологій та визначити загальні тенденції цифровізації. Індекс інформаційно-комунікаційних технологій (IDI) будується на основі трьох субіндексів, кожен з яких об'єднує свій набір показників, що характеризують окрему групу процесів [25]:

субіндекс «Розвиток інфраструктури» (IID – Infrastructure development) – відображає рівень розвитку інфраструктури (degree of infrastructure development), наявність доступу до Інтернету (Availability of Internet access) та якості доступу до Інтернету (Internet access quality);

субіндекс «Онлайн-витрати» (IOE – Online expenses) – включає в себе витрати на онлайн роздріб (Online trading) та рекламу онлайн (Online advertising);

субіндекс «Активність користувачів» (IUA – User activity) – розраховується як середньозважене значення субіндексів нижчого рівня: активність фірм (activity of enterprises), активність споживачів (activity of consumers) та активність державних установ (activity of state institutions).

Агрегування показників в субіндекси відбувається за формулою середнього арифметичного, в свою чергу субіндекси агрегуються в композитний індекс з вагами 0,4; 0,4; 0,2 відповідно.

Індекс цифрової трансформації (Global Connectivity Index, GCI) використовують для аналізу широкого спектру індикаторів для інфраструктури інформаційно-комунікаційних технологій та цифрових перетворень.

Global Connectivity Index оцінює розвиток цифрової економіки в 79 країнах, використовує для цього 40 показників, що відстежують цифрову конкурентоспроможність та майбутнє зростання економік країн. Даний індекс містить чотири субіндекси: пропозицію, попит, досвід та потенціал.

Європейська комісія щорічно оцінює стан цифровізації країн ЄС за Індексом цифрової економіки та суспільства (DESI), який дає уявлення про рівень розвитку цифрової економіки в 28-ми країнах Європейського Союзу. DESI розраховується як композитний індекс, який підсумовує різні індикатори цифрового розвитку і відстежує еволюцію країн ЄС з точки зору їх цифрової конкурентоспроможності.

Індексом цифрової економіки та суспільства (DESI) є середнє арифметичне п'яти субіндексів [30]:

підключення (відображає рівень розвитку інфраструктури фіксованого і бездротового широкопasmового доступу);

людський капітал (дозволяє оцінити частку населення, яка володіє навичками, необхідними для користування сервісами, наданими мережею Інтернет);

використання Інтернету населенням (враховує активність використання населенням різних сервісів в мережі Інтернет);

інтеграція бізнесу з цифровими технологіями (Визначає рівень цифровізації бізнесу, включаючи використання е-торгівлі);

цифрові державні послуги (оцінює обсяг державних послуг, що надаються в електронній формі)

Індекс світової цифровий конкурентоспроможності (WDCI) оцінює можливість і готовність країн адаптуватися до розвитку цифрових технологій. WDCI базується на 50 критеріях, які агрегуються в три субіндекси:

знання (таланти, освіту, наука);

технології (регулювання, капітал, рівень розвитку зв'язку, експорт);

готовність (адаптація, гнучкість бізнесу, ІТ-інтеграція бізнесу).

Індекс цифрової еволюції (DEI), відображає прогрес у розвитку цифрової економіки, відповідно до якого всі країни поділяються на чотири категорії [31]:

Перша категорія включає країни-лідери в інноваціях, в минулому вже демонстрували своє цифрове розвиток і зберігають темпи зростання, ефективно використовують свої переваги.

Друга категорія включає країни, які характеризуються високим рівнем цифрового розвитку, але на сьогоднішній день відстають за своєю активністю і знаходяться на межі ризику «випадання» з цієї категорії.

Третя категорія – країни, які досягли не найвищого рівня цифрового розвитку, але володіють великим потенціалом і демонструють послідовний і впевнене зростання, що в перспективі дає їм можливість для переходу в більш високу категорію цифрового розвитку.

Четверта категорія – країни з низьким рівнем цифрового розвитку.

Індексом цифровізації економіки VCG (e-Intensity) є комплексна оцінка за 28 показниками, яка розраховується як середньозважена сума трьох субіндексів [32]:

субіндекс «інфраструктура» відображає ступінь розвитку інфраструктури та швидкість і якість доступу в Інтернет (фіксованого та мобільного);

субіндекс «онлайн-витрати» включає в себе витрати на електронну торгівлю і онлайн-рекламу;

субіндекс «активність користувачів» показує залученість держави, громадян і бізнесу в використання можливостей цифрової економіки і розраховується як середньозважене значення трьох субіндексів нижчого рівня: активність компаній, активність споживачів і активність державних установ.

Індекс мережевої готовності (NRI) оцінює здатність країни використовувати можливості інформаційно-комунікаційних технологій в мережевих цілях [27].

По-перше індекс NRI, надає інформацію про основні чинники, що впливають на розвиток мережевої економіки, з метою їх обліку в державній політиці.

По-друге, в довгостроковому плані така інформація сприяє залученню в мережевий простір більшого числа людей, організацій і співтовариств з усього світу. NRI порівнює готовність країни до існування в інформаційному світі, показує яка є відмінність між країнами.

Індекс розвитку електронного уряду (EGDI) це композитний індекс, що вимірює готовність і можливість національних органів управління використовувати інформаційно-комунікаційні технології для організації та реалізації державних послуг населенню і бізнесу. Він базується на спостереженні за технічними особливостями національних web-сайтів усіх держав членів ООН.

EGDI оцінює також характеристики доступу до електронного уряду, головним чином технологічну інфраструктуру і освітній рівень, щоб уявити,

як країна використовує можливості інформаційно-комунікаційні технологій для національного, економічного, соціального і культурного розвитку. Індекс цікавий для політиків і фахівців, оскільки дозволяє проводити аналіз стану і позицію країн відносно використання електронного уряду.

Індекс розвитку електронного уряду є середньозваженим трьох нормалізованих субіндексів:

- обсяг і якість онлайн-послуг;
- розвиненість телекомунікаційної інфраструктури;
- людський капітал.

Індекс електронної участі (EPART) – показник розвитку сервісів активної комунікації між громадянами і державою. Мета індексу EPART полягає в відображенні механізмів електронного участі громадян в урядових веб-сайтах. В свою чергу сфера електронної участі включає спеціалізовані інтернет-портали, соціальні мережі, мобільні платформи і пристрої, технології відкритого уряду і даних.

Глобальний індекс мережевої взаємодії (GCI) використовується для оцінки прогресу найбільших країн світу в області розвитку цифрових технологій. GCI аналізує 40 показників на основі чотирьох субіндексів – пропозиції, попиту, досвіду і потенціалу, що враховують п'ять передових технологій: мережі широкосмугового зв'язку, центри обробки даних, хмарні сервіси, великі дані і інтернет речей.

Глобальний інноваційний індекс (The Global Innovation Index – GII) є найважливішим у світі індикатором інноваційних успіхів країни. Він визначає позицію країни за рівнем цифрового розвитку у світовому рейтингу. Крім порівняльного аналізу, глобальний інноваційний індекс стає важливим інструментом оцінювання ефективності інноваційної політики держави.

Також основними факторами для оцінки розвитку ІТ-сектору економіки країн є [66]:

- тарифи на стаціонарний широкосмуговий Інтернет;
- рівень грамотності дорослого населення;

- охоплення населення з вищою освітою;
- якість викладання математики та природничих наук;
- покриття мобільним зв'язком;
- охоплення населення із середнім рівнем освіти;
- користувачі мобільних телефонів, на 100 чол;
- використання Інтернету для бізнес-цілей B2C.

До недоліків міжнародних індексів розвитку ІТ-сектору економіки країн можна віднести то, що вони не враховують особливості кожної з держав. Відбувається своєрідна підгонка показників країн під розрахункові вимоги міжнародних індексів. Зазначені індекси оцінюють в основному технічну сторону, а не рівень ІКТ-інфраструктури і підготовленість населення. Загалом цифрова економіка – це явище, складається з макро і мікрорівнів соціально-економічних інститутів. У зв'язку з цим необхідно проводити оцінку ІТ-сектору на основі показників, які дозволяють проаналізувати цифрову економіку на різних рівнях.

Розробка і застосування зведеного індексу розвитку цифрової економіки (ІРЦЕ) дозволяє виявляти проблемні місця розвитку цифрової економіки в країні.

Процедура обчислення індексу розвитку цифрової економіки (ІРЦЕ) реалізується в наступних етапах:

- обґрунтування структури рейтингової системи і переліку показників;
- організація збору первинної інформації;
- нормалізація шкали, за якою порівнюються показники;
- обґрунтування моделей;
- обчислення індексів і впорядкування на їх основі країн в рейтингу.

Методологія формування рейтингу країн за рівнем розвитку цифрової економіки може бути відображена у вигляді ієрархічної трирівневої моделі:

- готовність країни до впровадження цифрових технологій (розвиток ІКТ-інфраструктури і доступ населення і бізнесу до неї);
- інтенсивність застосування цифрових технологій в економіці;

вплив цифрових технологій на валовий національний дохід (ВНД) – це оцінка вкладу цифрової економіки в розвиток всієї національної економіки.

Індекс розвитку цифрової економіки дозволяє оцінювати поточний розвиток і перспективи відповідно складається з наступних п'яти субіндексів:

- 1) якість ІКТ-інфраструктури і доступу в інтернет;
- 2) інтенсивність використання Інтернету;
- 3) людський капітал;
- 4) цифровізація економіки;
- 5) результативність цифровий трансформації економіки.

Рейтинг країни за рівнем розвитку ІТ-сектору економіки країн залежить від комплексу показників, включених в рейтингову систему і методичних підходів для їх агрегування. За своєю структурою рейтинг є ієрархічним, таким чином показники, які безпосередньо вимірюються або оцінюються в балах експертами, нормалізуються.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що на сьогоднішній день сформований досить великий апарат оцінки ступеня розвитку ІТ-сектору економіки за допомогою різних міжнародних індексів.

1.3. Аналіз сучасних підходів оцінки рівня розвитку ІТ-сектору економіки країн

Високий розвиток ІТ-індустрії відбуваються під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників, які в свою чергу, характеризуються динамічністю та невизначеністю. Глобалізація прискорює темпи цифрової трансформації у світі. Таким чином для ґрунтовної оцінки рівня цифровізації країни слід провести детальний аналіз сучасних підходів та визначити сутність цифрової економіки. Як зазначено у роботі Ковтонюк К.В. «Цифровізація світової економіки як фактор економічного зростання» зазначено, що цифрова економіка має тісний зв'язок із швидким розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, а саме стає основою VI технологічного укладу

«Нанотехнологій», що в свою чергу збільшує темпи економічного розвитку.

Розвиток науково-технічного прогресу та безперечний його вплив на систему економічних взаємовідносин підтверджено розробками економічної теорії, починаючи від теорії економічних циклів М. Кондратьєва (циклічних економічного розвитку обумовлена науково-технічними факторами). Розвиток технологій зумовлює новий інноваційний тип розвитку суспільства, що переважно ґрунтується на чинників науково-технічного прогресу в системі факторів виробництва, основними серед яких можна виділити: науковий, освітній та виробничий.

Отже, інноваційний шлях розвитку повинен сформувати якісну систему управління, як на етапі підприємств, так і на регіональному етапі, яка спроможна забезпечити матеріальну і фінансову стабільність суспільству. Тому складові економічної системи доцільно оцінювати за показниками розвитку інформаційних технологій. Комплексна оцінка ІТ-сфери базується на використанні методів одновимірної та багатовимірної класифікації економічних об'єктів, об'єднання їх в однорідні групи за обраними ознаками.

Р. Солоу у своїй роботі досліджував вплив національно-технічного прогресу на економічний розвиток, а саме — коливання випуску продукції в розрахунку на одну зайняту особу що була викликана технічними змінами. За основу він узяв функцію Кобба-Дугласа, яка враховує технологічні зміни. Дослідження було виконано у рамках неокласичної теорії, таким чином Р.Солоу застосував інструменти економетрики для оцінки впливу національно-технічного прогресу на продуктивність праці. Таким чином у своїй роботі зробив висновок, що національно-технічний прогрес має позитивний вплив на зростання обсягів виробництва.

У роботах Кривошеєва С.В., Клименко І.С., Квітка С.В., Титаренко О.М. і Мазур О. Д., Сенкевич О.Ф. доведено, що моделі оцінки рівня цифровізації країни ґрунтуються на основі ВВП, не враховують інші важливі соціальні чинники. Це спричинило утворення спеціальних узагальнюючих індикаторів цифрового розвитку: глобальний індекс розвитку електронного уряду; індекс

мережної готовності; індекс розвитку інформаційних і комунікаційних технологій. Під час дослідження доведено необхідність удосконалення електронного уряду, показано сильні та слабкі сторони індексу електронного уряду.

Багато науковців використовують різного роду економетричні моделі для дослідження економічних процесів ІТ-сектору країн та регіонів. Наприклад, Н. Буга, І. Тарасов, О. Шевченко для побудови моделі інноваційного розвитку регіону пропонують застосовувати економетричну модель для вибору та оцінювання впливу незалежних чинників на величину валового регіонального прибутку, отриманого в результаті інноваційної діяльності. Л. Могильна пропонує модель залежності виручки від впровадження інновацій, капітальних інвестицій, державної підтримки та приведених витрат. А. Вдовиченко у своїй моделі демонструє залежність обсягу виданих довгострокових кредитів на фінансування інноваційної діяльності як функцію від обсягу строкових депозитів. М. Сліпченко додає у модель А. Вдовиченка залежність між виданими довгостроковими кредитами та фінансовими вкладками в інновації. Основою економетричного моделювання є кореляційно-регресійний аналіз – один із найбільш популярних методів обробки статистичних даних.

Проблему оцінки сучасного стану цифровізації розглядав Зеленков Ю. А. У своїх роботах він пропонував модель впливу технологій на життя людей, засновану на нечіткій лінійній регресії. В результаті роботи була побудова кількісних моделей впливу технологій на добробут громадян різних країн. Особливу увагу він приділив сучасним цифровим технологіям, використання яких, на думку багатьох практиків і дослідників, призведе до чергової промислової революції, яка може кардинально змінити як державні та соціальні структури, так і моделі поведінки індивідів. Тому для аналізу було обрано індекс людського розвитку в якості досліджуваного індикатора, а індекс готовності мережі (NRI) і глобальний інноваційний індекс (GII) в якості незалежних змінних. Дослідження проводилося на даних за 2021 рік [28].

Зеленков Ю. А. вважав, що вплив технологій на благополуччя різняться для розвинених країн і країн, що розвиваються. Для виділення груп країн він використовував підхід Всесвітнього банку, який заснований на ВВП на душу населення, таким чином було розділено досліджувані країни на чотири групи. Отримані результати підтвердили позитивний і збалансований вплив інновацій та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на рівень життя для розвинених країн [29]. Для двох груп країн, що розвиваються (верхня і дохід нижче середнього), коефіцієнт ГП був негативним. Більш глибокий аналіз дослідження показало, що це пов'язано з станом політичних і соціальних інститутів. Це означає, що без одночасного підвищення зрілості інститутів та стимулювання інших напрямків інноваційного розвитку (освіта, знання і технології, інфраструктура) призводить до падіння рівня життя в країнах, що розвиваються.

Отже, для адекватного моделювання інноваційного процесу необхідно застосовувати методи, які враховують, що велика кількість інформації є результатом роботи експертів, а отже є суб'єктивною та важко формалізованою.

Нечіткий регресійний аналіз запропоновано та розроблено для побудови регресійної моделі з нечіткою початковою інформацією. У традиційному регресійному аналізі похибка між значенням, отриманим за допомогою регресійної моделі, і фактичними даними розглядається як похибка спостереження, яка є випадковою величиною (підлягає нормальному розподілу та математичне очікування дорівнює нулю), і така сама похибка в нечіткому регресійний аналіз розглядається як Через невизначеність структури моделі [4].

Сьогодні розроблені й використовуються три методи нечіткого регресійного аналізу: нечітка регресія, заснована на критерії мінімізації нечіткості; підхід, комбінований з методом найменших квадратів, що отримав назву FLSRA (Fuzzy least-square regression analysis); регресія інтервалу [1].

Слід зазначити, що всі три методи можуть використовувати як вихідну інформацію параметрів дослідження нечітку інформацію, виражену у вигляді функцій належності, і цілком визначену інформацію, що значно розширює область їх застосування.

Таким чином, в результаті побудови моделі інноваційного процесу на основі нечіткої регресії можна дійти висновків:

1. У вихідній інформації про явище, яка задане нечітко (а це більшість параметрів, що характеризують виникнення та впровадження інновацій), для побудови регресійних моделей доцільно користуватися нечітким регресійним аналізом.

2. Нечіткий регресійний аналіз може також застосовуватися і для точної оцінки вхідних даних. При цьому наявність розсіювання отриманих результатів дозволяє врахувати невизначеність вхідної інформації (рівень невизначеності для інноваційних процесів є досить високим і за допомогою стандартних математичних методів дослідження не може враховуватися, а повинен замінити довірчий інтервал стандартної лінії регресії. Тобто нечіткий регресійний аналіз має певну універсальність для вхідних даних досліджуваного параметра.

3. Модель нечіткої регресії відрізняється від стандартної регресії тим, що вона не залежить від розміру вибірки. Модель у цьому випадку залежить від розподілу вхідних даних. Цей факт дає можливість спростити процес побудови моделей за рахунок скорочення вхідних даних. При цьому достовірність отриманих результатів не зменшилась. Це надзвичайно важливо для вивчення інноваційних процесів, які неможливо охарактеризувати за допомогою великих вибірок даних.

Для аналізу розвитку ІТ-сектору економіки країн можна використовувати кластерний аналіз – це незамінний метод, коли необхідно знайти внутрішню структуру даних. Таким прикладом може слугувати остання публікація Потапової Н. А. про «Кластеризацію економічних регіонів України за показниками інноваційної та наукової діяльності». У своїй роботі

вона стверджувала, що одним із найпотужніших факторів, які впливають на вирішення економічних та соціальних проблем є науково-технічний прогрес. Адже саме він відіграє першорядну роль при використанні ресурсощадних технологій, оптимізації задач природокористування, забезпеченні екологічної безпеки. Рушійною силою економічного зростання є розвиток техніко-виробничих відносин, що обумовлюють і існують разом з суспільними виробничими відносинами.

Потапова Н. А. підкреслює, що класична теорія аналізу регіональних зв'язків виділяє два основні прийоми формування класифікаційних груп. Перший ґрунтується на елементах статистичного одновимірного групування. Використання одновимірної класифікації дає змогу сформувати класифікаційні групи за встановленими межами внутрішньо групового коливання за одним досліджуваним фактором. Якщо йдеться про формування класифікаційних груп за кількома факторами, необхідно використовувати багатовимірні методи. При цьому досліджувана група об'єктів має бути класифікованою за багатьма кількісними та якісними ознаками з виявленням однорідних та унікальних об'єктів за отриманими значеннями. Такі дослідження передбачають ґрунтовніший аналіз перспектив розвитку наукового і виробничого потенціалу регіонів з урахуванням отриманих результатів їх кластеризації за показниками наукової та інноваційної діяльності [37].

Кластерний аналіз має одну фундаментальну характеристику - це не звичайний статистичний метод, тому що процедура перевірки статистичної значущості до нього в більшості випадків не застосовується. Кластерний аналіз дає найбільш вірогідні значимі рішення. Ось чому його часто використовують, коли дослідники мають набір даних, але не мають апріорних припущень щодо категорій цих даних [2]. Отже, кластерний аналіз має такі особливості:

1. Більшість методів кластерного аналізу є доволі таки простими евристичними процедурами, які, як правило, не мають статистичного обґрунтування.

2. Різні методи кластеризації можуть породжувати різні кластерні рішення для одних і тих же даних.

3. Використовуючи кластерний аналіз, дослідник має на меті виявлення структури даних. В той же час дія кластерного аналізу полягає у привнесенні структури у аналізовані дані. Тобто, кластеризація може призвести до появи артефактів (виявлення структури в даних, які її не мають).

Усе вище сказане свідчить про можливість ефективного застосування методу нечіткої регресії та кластерного аналізу для моделювання ІТ-сектору економіки країн.

РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ РІВНЯ РОЗВИТКУ ІТ-СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ КРАЇН

2.1. Концептуальна схема оцінки та аналізу ІТ-сектору економіки країн

У сучасних умовах розвитку людства різноманітні процеси трансформувались в сукупну систему різноманітних факторних змінних, що несуть характер впливу на економічні, соціальні, психологічні, політичні та інші зміни. При цьому основною дієвою характеристикою будь-якого процесу стає його дослідження у динаміці із виділенням основних форм взаємозв'язку та залежності, тобто з пошуком множини незалежних змінних, що формують підсумкову оцінку у вигляді результативного показника.

Вивчаючи хід економічних процесів, важливо розуміти основні закономірності зміни величини кількісної залежності між показниками, щоб провести науково-обґрунтоване дослідження та мати можливість вносити поправки в економічні перетворення для досягнення поставлених цілей.

Саме тому в даній роботі звернемо увагу на використання та втілення методів математичного моделювання, щоб провести оцінку й аналіз рівня розвитку ІТ-сектору. Щоб дослідити вказані характеристики, використовується пошук залежності між різноманітними факторами, на основі яких будується конкретна оцінка на залежного показника.

Точно зрозуміло, що вивчення ІТ-сектору можливе тільки завдяки підходу до питання із точки зору побудови структурованої системи пов'язаних критеріїв, що поступово складуть кінцеву оцінку процесам.

Отже, в роботі використовується апарат математичного моделювання, котрий має алгоритмізований вигляд та включає до свого складу різноманітні структурні елементи, що формують загальну структуру. Таким чином спробуємо уявити алгоритм зв'язку, котрий представлений в концептуальному вигляді.

На першому етапі вивчення пропонується провести огляд теоретичних особливостей розвитку ІТ- сектору економіки країн. На початку роботи розглянуто всі поняття, які тим так або інакше торкаються питання ІТ. Особливу увагу було приділено сучасним цифровим технологіям, використання яких, на думку багатьох практиків і дослідників, призведе до чергової промислової революції, яка може кардинально змінити як державні та соціальні структури, так і моделі поведінки ІТ-індустрії. Доволі детально вдалося провести аналіз впливу ІТ на розвиток країни. Також саме в цьому пункті стало детально зрозуміло яким чином відбувається прямий та опосередкований вплив ІТ-сектору на формування економічного розвитку країни.

На цьому етапі було досліджено велика кількість літературних джерел, таким чином була структурована інформація про методи математичного моделювання, що використовуються в сучасному науковому просторі для аналізу питання про ІТ-сектору.

На другому етапі роботи звернено увагу до апарату математичного моделювання та проведено дослідження даної теми в повному обсязі. Щоб відшукати ключові взаємозалежності пропонується розглянути літературні джерела, індикатори та показники, що впливають на ІТ-розвиток. Фактично, проведено аналіз впливу факторів на країну для знаходження найбільш впливовіших факторів, котрі впливають на економічне зростання країни.

На третьому етапі розглянуто стан розвитку ІТ-сектору Європейських країн за допомогою класифікації та дізнатися чи є стимул подальшого розвитку. Окрім того за допомогою дискримінантного аналізу доречно розглянути до якого кластеру відноситься України за рівнем розвитку ІТ-сектору та з'ясувати її положення серед країн Європейського союзу.

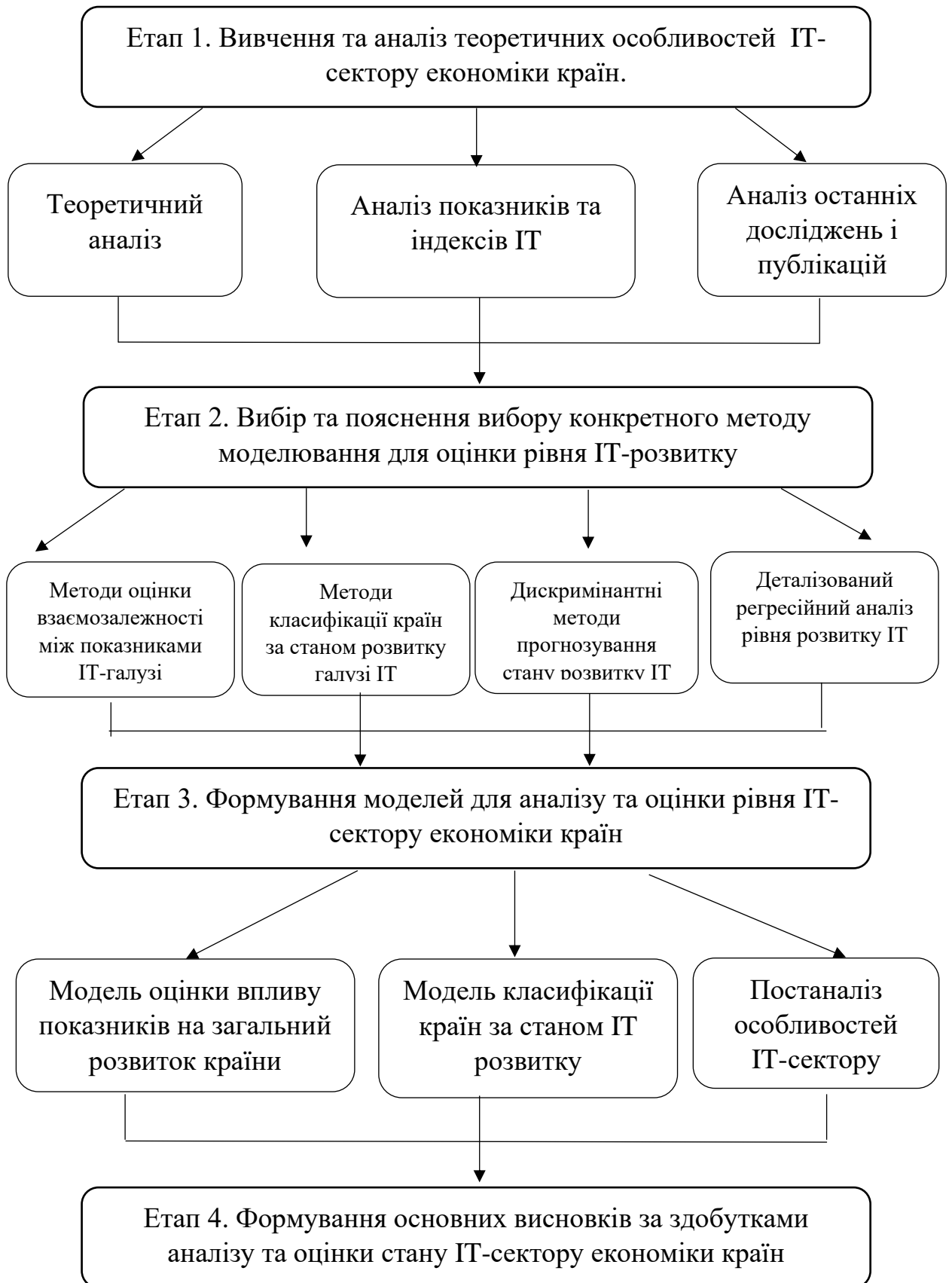


Рис. 2.1. Концептуальна схема дослідження

Таким чином, на третьому етапі роботи виконується застосування математичних методів моделювання. Здійснюється побудова регресійної моделі впливу системних індикаторів та показників на ключові показники ІТ-сектору. Далі розглянуто на базі методів класифікації перевіряється та обґрунтовується можливість групування вихідних даних в окремі кластери, які є відображенням стану розвитку ІТ-сектору економіки країн. Окрім цього, пропонується виділити типових представників груп країн та провести цільове обґрунтування головних проблемних зон та надати коментарі щодо покращення стану ІТ-сектору країни.

2.2. Використання регресійних моделей для оцінки та прогнозу розвитку ІТ-сектору

У ході аналізу статистичної інформації щодо стану розвитку ІТ-сектору важливо зрозуміти певні закономірності у динамічному розрізі. Коли є статистична вибірка, потрібно знайти аналітичні та практичні відповідності між змінами конкретно визначених показників. Тому, в рамках дипломної роботи слід використати апарат математичного моделювання.

Отже, маючи певний набір факторів, можна оцінити значення деякої результативної ознаки, яка представлена у формі функціональної залежності від величини однієї або декількох факторних ознак [38]. Щоб вони максимально описували поточний результуючий фактор та змогли в адекватній формі відбивати майбутні зміни вихідного показника.

Таку функціональну залежність у літературних джерелах прийнято називати рівнянням регресії. Вплив факторів може бути різноманітним, і їх кількість може змінюватись [39]. Прийнято, що за наявності одного результуючого та одного факторного показника, модель має назву парної регресії. За умови, коли ми маємо одне вихідне значення і більше однієї факторної змінною, ми можемо сказати, що перед нами множинна регресія.

У вигляді формульного запису рівняння парної регресії задається так:

$$Y = f(x) \quad (2.1)$$

В свою чергу множинна регресія записується у вигляді 2.2.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.2)$$

Далі більш детально зупинимось саме на теоретичних аспектах побудови множинної регресії, оскільки саме даний тип моделі буде використаний у практичній частині роботи. Варто вказати, що усі незалежні фактори в множинній економетричній моделі можна ще назвати екзогенними факторами, а в свою чергу залежні величини - ендогенними.

У більш практичному поданні, на відміну від запису у формулі 2.2, множинна регресія подається в такому вигляді:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + \dots + a_m * x_m \quad (2.3)$$

Ще більш вдала форма запису – через використання матричного вигляду описаної функції. При цьому вона відображається таким чином:

$$\hat{Y} = X * \bar{a} \quad (2.4)$$

де \hat{Y} та \bar{a} – вектори;

X – матриця вхідних елементів моделі.

Кожний із елементів можна записати таким чином:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$$

$$\bar{a} = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$$

Параметри такої моделі варто знаходити через МНК (метод найменших квадратів). МНК використовується для оцінки невідомих величин по результатах досліджень, котрі мають у своїй природі випадкові похибки. Цей метод дуже добре підходить для оцінки заданої функції більш простими інтерпретаторами. Основна ідея МНК полягає в оцінці параметрів моделі таким чином, щоб сума квадратів відхилень емпіричних значень від модельних була мінімальною. За допомогою формули це можна виразити так:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 \rightarrow \min \quad (2.5)$$

При такому уявленні МНК зможе дати нам стійкі, ефективні та незміщені оцінки параметрів майбутньої моделі. Важливо, що вектор параметрів \bar{a} доволі просто можна знайти через наступну формулу:

$$\bar{a} = B^{-1} * \bar{YX} \quad (2.6)$$

Тут під величиною B розуміють добуток транспонованої матриці X власне на саму матрицю X , тобто:

$$B = X^T * X \quad (2.7)$$

У свою чергу під величиною \bar{YX} криється добуток транспонованої матриці X та вектору теоретичних значень залежного показника таким чином:

$$\bar{YX} = X^T * Y \quad (2.8)$$

Далі проводиться аналіз статистичної значущості вхідних параметрів моделі. Для цього використовують критерій Стюдента або іншими словами - t -статистику. Розрахунок проводиться на основі формули:

$$t_{ai} = \frac{a_i}{\delta_{ai}} \quad (2.9)$$

де σ_{ai} – середньоквадратичне відхилення за фактором.

За умови, коли потрібно прийняти гіпотезу про незначний вплив отриманої змінної на кінцевий залежний фактор, тоді розрахована величина менше за табличну. Коли ж ситуація навпаки, то варто говорити про наявність значимого впливу незалежного фактору на результуючий.

Щоб оцінити побудову такої моделі загалом, в дослідженнях беруть до уваги показник коефіцієнту множинної кореляції. Він надає реальне відображення того чи дана модель адекватно відповідає та описує певний економічний процес. Він розраховується таким чином:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2.10)$$

Щоб проаналізувати частку дисперсії залежної змінної, яка описується створеною моделлю, використовують коефіцієнт детермінації.

$$R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.11)$$

Якщо показник є наближеним до 1, модель буде найкраще моделювати залежність. Перевіряючи загальну адекватність та значущість моделі за допомогою критерію Фішера, використовують таку формулу:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} * \frac{n - m - 1}{m} \quad (2.12)$$

де n – величина спостережень,

m – кількість факторів у моделі.

Але побудова множинної регресії за умови отримання адекватних оцінок проводиться також для точкового прогнозу. При цьому до уваги беруться прогнозні значення для моделі, які скореговано за допомогою довірчих інтервалів [57]. Останні із встановленою ймовірністю (частіше всього 95 %) надають інтервал прогнозу за моделлю на наступний період.

У формульному вигляді це варто записувати таким чином:

$$Y_{\text{пр}} - \Delta Y_{\text{пр}} \leq Y_{\text{пр}} \leq Y_{\text{пр}} + \Delta Y_{\text{пр}}$$

$$\Delta Y_{\text{пр}} = t_{\text{розрах}} * \widehat{\delta}_e * \sqrt{X_{\text{пр}}^T * B^{-1} * X_{\text{пр}}} \quad (2.13)$$

де δ_e -- загальна дисперсія похибок прогнозу;

$X_{\text{пр}}$ -- вектор прогнозних значень X .

Дана модель також отримає своє практичне втілення в третій частині роботи із пошуком залежності основних показників розвитку ІТ-сектору економіки країн.

Коли між вхідними факторними змінними регресійної моделі існує тісний кореляційний зв'язок, котрий називається мультиколінеарністю [58].

Для виміру мультиколінеарності, користуються методами:

1. знаходження визначника матриці $X^T * X$. Коли він наближається до нуля, то наявна мультиколінеарність у моделі;
2. власне число матриці $X^T * X$. Чим менше найменше із власних чисел, тим сильнішою буде мультиколінеарність у моделі;
3. міра обумовленості матриці $X^T * X$. Найбільше значення із власних чисел порівнюється із найменшим через створення відношення між ними. Якщо велике число, то це означає сильну мультиколінеарність;
4. метод Феррара - Глобера. Шукаються парні кореляції між факторами моделі. Знаходиться оцінка загальної мультиколінеарності (між усіма ознаками) та часткової (лише для факторних змінних).

Для того, щоб позбутись від мультиколінеарності, застосовують правила:

- виключення одного з двох залежних факторних змінних;
- застосування методу головних компонент, котрий перетворює вхідні фактори на некорельовані величини;
- застосування методу рідж-регресії;
- пошук додаткової інформації.

Отже, в рамках даного пункту було детально описано механізм побудови лінійної множинної регресії та наведені додаткові характеристики для цього поняття. Використання такої моделі допоможе у практичному розділі провести детальну оцінку динамічного ряду.

2.3. Методи класифікації в оцінці й аналізу стану ІТ-сектору

Методи класифікації використовуються для розпізнавання багатомірних об'єктів або подій у відносно однорідні групи, які називають кластерами. Об'єкти в кожному кластері повинні бути схожі один на одного більше, ніж на об'єкти інших класів, і відрізнятися від об'єктів інших кластерів сильніше, чим від об'єктів власного класу.

В економіці класифікація використовується для досягнення таких цілей: сегментації ринку, вивчення поведінки покупців, визначення конкурентоспроможності нового товару, скорочення розмірності даних і ін.

Під класифікацією розуміється поєднання в групи схожих об'єктів та є фундаментальним завданням для аналізу даних та процесів Data Mining. Часто класифікація виступає початковим етапом при аналізі даних. Після знаходження схожих груп, слід застосувати інші моделі[60]. Також завдання класифікації частіше всього формулюються в таких наукових напрямках, як статистика, розпізнавання, оптимізація, машинне навчання. Об'єкти даних містить схожі характеристики в одному кластері. Це означає, що об'єкти є

аналогічними в межах однієї групи, і в той же час вони досить різні, або пов'язані з об'єктами в іншій групі або в інших кластерах.

Метод класифікації розподіляє набір точок даних в кластери або групу. Всі точки вибірки мають бути більше схожі в діапазоні однієї групи та віддалені якомога далі від інших груп. На початку розрахунків кластерний аналіз немає визначених класів. Він застосовується в різних областях, коли потрібно класифікувати велику кількість інформації.

Використання методу класифікації в загальному вигляді виділяється такими етапами:

- відбір вибірки об'єктів для кластеризації;
- визначення множини змінних, за якими будуть оцінюватися об'єкти у вибірці. При необхідності - нормалізація значень змінних;
- обчислення значень міри схожості між об'єктами;
- застосування методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів (кластерів);
- представлення результатів аналізу.

Після отримання та аналізу результатів надається можливість корегувати обрану метрику і методику класифікації для отримання оптимального результату.

Алгоритми кластеризації зазвичай будується як певний спосіб перебору кількості кластерів і визначення його оптимального значення в процесі перебору та включають 5 основних кроків [62]:

- відбір вибірки для кластеризації;
- визначення ознак для оцінювання об'єктів вибірки;
- розрахунок значень подібностей між об'єктами;
- використання методу класифікації для створення подібних груп;
- перевірка результатів розрахунку.

На сьогоднішній день є велика кількість методів розбиття об'єктів на кластери. Існує безліч алгоритмів та їх модифікацій [63].

Методи класифікацій надають можливість розв'язувати наступні задачі:

класифікації об'єктів за їх ознаками, які відображають сутність даного об'єкту;

перевірка запропонованих припущень існування певної структури в досліджуваній сукупності, тобто відбувається пошук структури;

знаходження нових класифікацій для явищ, які мало вивчені, щоб відобразити наявність зв'язків усередині сукупності і спробувати принести в неї структуру.

Найефективнішим методом багатокритеріальної класифікації є кластерний аналіз. Ціль кластерного аналізу це класифікація об'єктів на однорідні групи, враховуючи досліджувану кількість ознак. Об'єкти в групі є відносно подібними з огляду на досліджувані показники і відрізняються від об'єктів у інших групах. При використанні кластерного аналізу шляхом групування у меншу кількість кластерів знижується кількість об'єктів, а не кількість змінних [61]. Специфіка кластерного аналізу робить його незамінним при розробленні механізмів управління, що ґрунтуються на об'єднаннях економічних об'єктів різної функціональної направленості: формування кластерів секторів економіки, формування стійких територіальних структур, формування територіальних зон з різними рівнями індикативних ознак, формування інтегрованих економічних об'єднань та ін.

Систематизація оцінок обчислень кластерного аналізу складається за такими критеріями:

1. побудова плану агломеративних зв'язків – дає змогу отримати інформацію про економічні об'єкти, які, поетапно враховуючи певні критерії, об'єднуються в однорідні групи – кластери;
2. кластер – група економічних об'єктів, що характеризується наближеними однаковими коливаннями навколо середнього значення змінних для всіх індикаторів у конкретному кластері;
3. кластерний центр – початкові (центральні) точки в кластеризації, навколо яких будують кластер і відстані до яких у кожного елементу кластера однакові;

4. належність до кластерної групи – критерій, згідно з яким вказують віднесення конкретного об'єкта до кластера. А саме враховують кластерну відстань між об'єктом дослідження;
5. деревоподібна діаграма (дендрограма) – графічне зображення результатів кластеризації.

Метод класифікації полягає у формуванні початкової матриці відстаней кластеризації [64]. За стандартизованими значеннями вхідних індикаторів кластерну класифікацію. Стандартизація змінних забезпечує порівнянність всіх показників незалежно від їх одиниць вимірності, оскільки вхідні дані відображають різні властивості об'єктів і є незіставними.

Стандартизують змінні за формулою:

$$r_{cti} = \frac{r_{ij} + \bar{r}_i}{s_{ri}} \quad (2.14)$$

де r_{cti} – стандартизоване значення i -го показника;

r_{ij} – початкове значення i -го показника за j -м об'єктом;

\bar{r}_i – середнє значення i -го показника;

s_{ri} – середньоквадратичне відхилення i -го показника.

Середньоквадратичне відхилення розраховують за формулою:

$$s_{ri} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_{ji} - \bar{r}_i)^2}{n}} \quad (2.15)$$

Найважливішою оцінкою відображення близькості об'єктів до одного кластеру є міра відстані між цими об'єктами. Мірою близькості, що набула поширення в кластеризації, є евклідова відстань. Евклідову відстань між двома об'єктами j та k обчислюють за формулою:

$$L^2_{jk} = \sum_{i=1}^m (r_{ctij} - r_{ctki})^2 \quad (2.16)$$

де L^2_{jk} – відстань між об'єктами j та k ;

r_{ctij} – стандартизоване значення j -го об'єкта за i -м показником;

r_{ctki} – стандартизоване значення k -го об'єкта за i -м показником.

На основі матриці евклідових відстаней оптимізують кластерні структури. Найефективнішими методами кластеризації є [65]:

метод найближчого сусіда, характеризується об'єднанням кластерів за мінімальною відстанню;

метод повного зв'язку є аналогом методу найближчого сусіда, кластери утворюють за максимальною відстанню між сусідніми точками кластеризації;

метод середнього зв'язку передбачає відстані між кластерами як середню величину всіх відстаней, що розраховані між об'єктами двох сусідніх кластерів;

дисперсійні методи формують кластери на основі мінімізації внутрішньогрупової дисперсії;

метод Варда передбачає мінімізацію квадратів евклідових відстаней до середньої величини у кожному кластері. Для кожного кластера розраховують середні значення за всіма показниками. Після цього для кожного об'єкта розраховують квадрати евклідових відстаней до середніх у кожному кластері;

центроїдний метод передбачає кластеризацію на основі відстаней між двома кластерами як відстаней між їх середніми значеннями за всіма показниками.

Ієрархічні методи кластерного аналізу пояснюється тим, що процес з'єднання об'єктів при їх використанні має ієрархічний характер і може бути поданий у вигляді дендрограми (деревоподібної діаграми). Дендрограма (dendrogram, від грец. dendron – "дерево") – деревоподібна діаграма, що містить n рівнів, кожний з яких відповідає одному із кроків процесу послідовного укрупнення кластерів. Робота більшості таких методів ґрунтується на

обчисленні матриці схожості, яка містить міри відстаней – числа, що виражають "схожість" кожних двох об'єктів. від напрямку аналізу (розділення чи об'єднання об'єктів) ієрархічні методи поділяються на агломеративні (об'єднувальні) і дивизивні (розділові) [63].

Ієрархічні агломеративні методи характеризуються поетапним об'єднанням початкових елементів і відповідним зменшенням числа кластерів. Існує безліч правил групування: одиночного зв'язку, повного зв'язку, середнього зв'язку та метод Варда. Ієрархічні дивизивні (розділові) методи є повною протилежністю агломеративним методам. На початку роботи алгоритму всі об'єкти належать одному кластеру, у процесі класифікації за певними правилами поступово від цього кластера відокремлюються в групи які схожі між собою об'єктами.

Метод кластеризації К-середніх (K-Means) - це неієрархічний метод, що дозволяє розділити об'єкти на задане число кластерів у відповідності з досить "тонким" критерієм, що представляє собою статистику Фішера: ставлення міжкластерної дисперсії до внутрішньокластерної [67]. В результаті поділ здійснюється так, щоб мінливість змінних всередині кластерів була малою, між кластерами - великою. Або, що те ж саме, об'єкти, що входять в один і той же кластер, були розташовані в просторі змінних близько, а вхідні в різні кластери - далеко один від одного.

Метод К-середніх не розглядає всі можливі варіанти розбиття на задане число кластерів він послідовно змінює розбиття до тих пір, поки критерій оптимізації не перестане змінюватися.

При роботі з даним методом досліднику доводиться задавати число кластерів. Таким чином, цей метод кластеризації істотно відрізняється від розглянутого вище агломеративного методу ієрархічної кластеризації. Доволі часто разом із кластерним аналізом можна побачити сполуку із методом репрезентантів груп для більш швидкого аналізу вхідних елементів кластерів. Репрезентант групи – її типовий об'єкт-представник, котрий найбільш значимо відповідає основним характеристикам множини об'єктів.

Для реалізації методу пошуку репрезентанта потрібно знайти відстані між об'єктами в групі кластерного аналізу та визначити суму відстаней від конкретного об'єкту до інших. Далі серед цих сумарних відстаней шукають мінімальну суму (коли елементів у кластері більше, ніж 2) або максимальну відстань до інших репрезентантів груп (коли елементів у кластері рівно 2). Тому використання даного методу є доволі простим та ефективним в разі поверхневого аналізу вибірок інформації та більш детально описують характерні ознаки груп на основі спрощеного сприйняття.

2.4. Метод багатовимірної класифікації для аналізу IT-сектору

Дискримінантний аналіз — це багатовимірна техніка, яка використовується для розділення двох або більше груп спостережень на основі змінних, вимірених на кожній експериментальній вибірці, і визначення внеску кожної змінної в розділення груп. Дискримінантний аналіз працює шляхом знаходження однієї чи кількох лінійних комбінацій вибраних змінних. Крім того, передбаченно або розподіл нових спостережень за попередньо визначеними групами можна досліджувати за допомогою лінійної або квадратичної функції, щоб віднести кожну людину до однієї з попередньо визначених груп.

Зазвичай даний аналіз використовується, коли групи вже визначені до дослідження. Кінцевим результатом дискримінантного аналізу є модель, яку можна використовувати для прогнозування членства в групах. Ця модель дозволяє нам зрозуміти зв'язок між набором вибраних змінних і спостереженнями. Крім того, ця модель дозволить оцінити внески різних змінних.

Для дослідника важливо розуміти взаємозв'язок дискримінантного аналізу з регресією та дисперсійним аналізом (ANOVA), який має багато подібностей і відмінностей. Є деякі подібності та відмінності з дискримінантним аналізом разом із двома іншими процедурами. Подібність

полягає в тому, що в дискримінантному аналізі кількість залежних змінних дорівнює одній, а в двох інших процедурах кількість незалежних змінних є кратною в дискримінантному аналізі. Різниця є категоричною або бінарною в дискримінантному аналізі, але метричною в двох інших процедурах. Характер незалежних змінних є категоричним у дисперсійному аналізі (ANOVA), але метричним у регресійному та дискримінантному аналізі.

Етапи, пов'язані з проведенням дискримінантного аналізу, такі:

формулювання проблеми перед проведенням;

оцінювання коефіцієнтів дискримінантної функції;

визначення значущості дискримінантних функцій;

інтерпретування отриманих результатів;

оцінка валідності.

Для практичної реалізації дискримінантного аналізу необхідно знати апріорні ймовірності π_j і функції щільності ймовірності $f_i(X)$. У випадку коли вони невідомі, то їх замінюють статистичними оцінками, отриманими на основі наявних навчальних вибірок. Як оцінки апріорних ймовірностей часто беруть величини:

$$\pi_j = \frac{n_j}{n_{sum}} \quad (2.15)$$

де n_j – обсяг j -вибірки

$n_{sum} = n_1 + n_2 + \dots + n_k$ – сумарний обсяг навчальної вибірки

Для оцінювання функцій щільності ймовірності застосовують два підходи. У першому (параметричний дискримінантний аналіз) припускають, що всі класи характеризуються функціями щільності ймовірності, які належать до однієї параметричної сім'ї $\{fX(\Theta)\}$ і розрізняються лише значеннями векторного параметра Θ . У цьому випадку відповідні значення параметра Θ_j оцінюють за спостереженнями, що належать до j -ї вибірки. У другому підході (непараметричний дискримінантний аналіз) загальний вигляд

функцій $f_i(X)$ є невідомим. Тому необхідно використовувати непараметричні оцінки гістограмного або ядерного типу.

Розподіл груп відбувається за рахунок найбільшого критерія Фішера (F-критерій), адже цей показник оцінює якість дискримінації:

$$F = \frac{A(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{A'[(n_1 + n_2 - 2)S_*]A} \rightarrow \max \quad (2.16)$$

$$S_* = \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} (X_1'X_1 + X_2'X_2) \quad (2.17)$$

Для використання лінійного дискримінантного аналізу Фішера за нормального закону розподілу необхідно виконання таких умов:

обсяг вибірки має бути більшим, ніж кількість змінних;

кластери, серед яких здійснюють дискримінацію, підпорядковані багатовимірному нормальному розподілу;

класи можуть перетинатися, але їх центри мають бути достатньо віддаленими один від одного;

різниця між коваріаційними матрицями цих кластерів є статистично незначущою;

кількість навчальних вибірок у кластері є меншою, ніж кількість дискримінантних функцій.

Актуальною областю є класифікація даних і прогнозування, спектр застосування яких великий. При розвитку і вдосконаленні методів дискримінантного аналізу, який здатний забезпечити вирішення сучасних проблем у IT-секторі.

РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РОЗВИТКУ ІТ-СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ КРАЇН

3.1. Побудова моделі класифікації країн Європи за станом розвитку ІТ-сектору

Відповідно до запропонованої концептуальної схеми дослідження на першому етапі здійснюється аналіз розвитку ІТ-сектору економіки країн. Таким чином для побудови моделі використовується кластерний аналіз у поєднанні з одновимірним групуванням, адже саме він дасть змогу сформувати можливі структури об'єднань країн Європи за індикаторами інноваційного розвитку ІТ-індустрії [67]. Аналіз систем індикаторів оцінки ІТ розвитку дозволи дійти висновку про такі найважливіші показники оцінки стану ІТ-сектору як:

індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index);

індекс мережевої готовності (The Networked Readiness Index);

індекс інновацій (Global Innovation Index);

індекс розвитку електронного уряду (E-Government Development Index);

індекс глобальної конкурентоспроможності (Global Competitiveness Index).

Дані були зібранні станом на 2021 рік. Таким чином саме ці індикатори характеризують стан ІТ розвитку за співвідношенням кількості наукових організацій, обсягами фінансування науково-інноваційних робіт та результатами діяльності у вигляді кінцевого готового продукту і технологій.

Для побудови й всебічного аналізу використано програму Statistica. Початкові дані для моделі представлені на рис. 3.1

	1 The ICT Development Index	2 The Networked Readiness Index	3 Global Innovation Index	4 E-Government Development Index	5 Global Competitiveness Index
Болгария	6,86	55,03	40	0,798	4,4
Венгрия	6,93	60,05	41,5	0,7745	4,2
Молдова	6,45	47,09	33	0,6881	3,9
Польша	6,89	61,8	40	0,8531	4,6
Румунія	6,48	54,16	36	0,7605	4,3
Словакия	7,06	60,78	39,7	0,7817	4,3
Чехія	7,16	66,33	48,3	0,8135	4,7
Австрія	8,02	72,92	50,1	0,8914	5,2
Бельгія	7,81	70,67	49,1	0,8047	5,3
Великобританія	8,65	76,27	59,8	0,9358	5,5
Німеччина	8,39	77,48	56,5	0,8524	5,6
Нідерланди	8,49	81,37	58,8	0,9228	5,6
Франція	8,24	73,18	53,7	0,8718	5,2
Швейцарія	8,74	80,41	66,1	0,8907	5,8
Данія	8,71	82,19	57,5	0,9758	5,3
Ісландія	8,98	70,55	49,2	0,9101	5
Норвегія	8,47	79,39	49,3	0,9064	5,4
Фінляндія	7,88	80,16	57	0,9425	5,4
Швеція	8,41	82,75	62,5	0,9365	5,5
Греція	7,23	55,2	36,8	0,8021	4
Іспанія	7,79	67,31	45,6	0,8801	4,7
Італія	7,04	63,69	45,7	0,8231	4,5
Португалія	7,13	64,4	43,5	0,8255	4,5
Сербія	6,61	52,96	34,3	0,7474	4
Хорватія	7,24	55,94	37,3	0,7745	4,1
Черногорія	6,44	50,95	34,4	0,7006	4,1

Рис. 3.1. Початкові дані для кластерного аналізу

Далі було вирішено знайти оптимальну кількість кластерів для даного дослідження за допомогою програми R-Studio. Використаємо метод "каменистого осипу" (рис. 3.2).

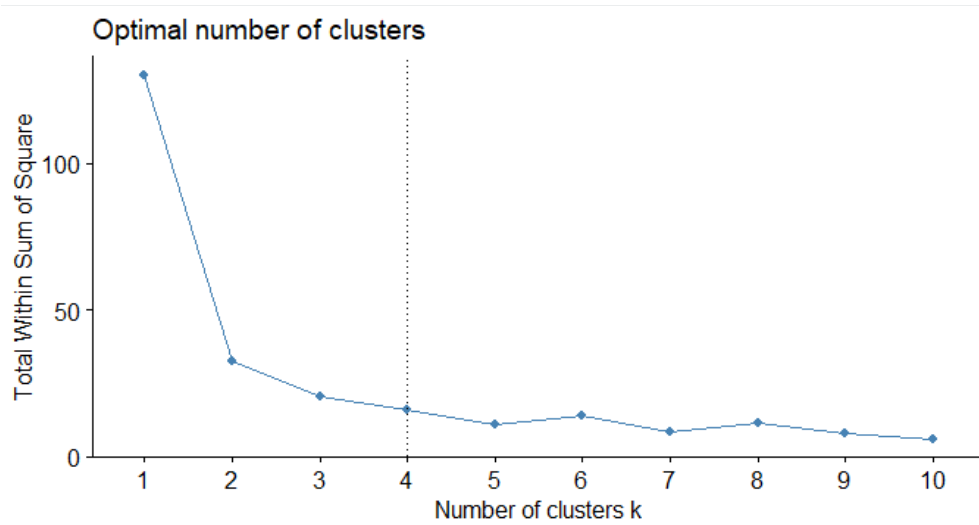


Рис. 3.2. Графік "каменистого осипу" для визначення оптимальної кількості кластерів

Таким чином, графік дає нам приблизну відповідь, але скоріше за все кластерів таки дійсно має бути 4, так як за графіком видно, що саме на 4-му кластері відбувається різке згладжування графіка.

Далі використовуємо метод Уорда для знаходження точної кількості кластерів за стандартизованими значеннями. З дендрограми (рис. 3.3) можна визначити кількість кластерів, і пропонується розбиття на 4 кластери.

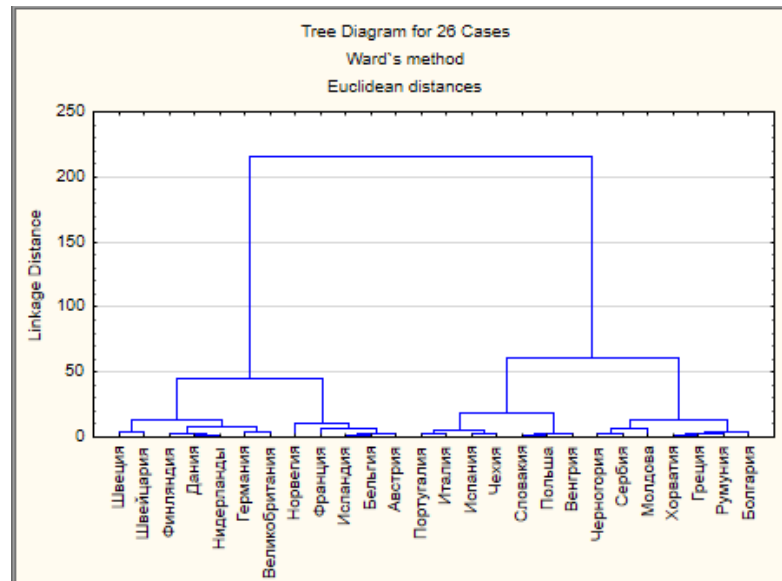


Рис.3.3. Дендрограма з розподіленням на 4 кластери

З рисунку бачимо, що припущення про кількість кластерів 4 – підтверджується графічно. Отже, далі використовуємо метод K-means. Розрахуємо значення міжгрупових та внутрішньогрупових дисперсій, Результати дисперсійного аналізу оцінки якості показників наведено на рис.3.4.

Variable	Analysis of Variance (Spreadsheet104)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
The ICT Development Index	14,151	3	2,6413	22	39,2888	0,000000
The Networked Readiness Index	2850,009	3	189,9793	22	110,0124	0,000000
Global Inovation Index	2128,490	3	182,9737	22	85,3069	0,000000
E-Government Development Index	0,110	3	0,0372	22	21,5919	0,000001
Global Competitiveness Index	8,516	3	0,6509	22	95,9478	0,000000

Рис. 3.4. Таблиця дисперсійного аналізу

На рис. 3.5. подано описові статистики для виділених кластерів, а саме: середнє, середньоквадратичне відхилення та дисперсія.

Descriptive Statistics for Cluster 1 (Spre Cluster contains 5 cases)			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
The ICT Development Index	8,30400	0,450921	0,20333
The Networked Readiness Index	73,34200	3,595743	12,92937
Global Inovation Index	50,28000	1,952434	3,81200
E-Government Development Index	0,87688	0,043074	0,00186
Global Competitiveness Index	5,22000	0,148324	0,02200

Descriptive Statistics for Cluster 2 (Spre Cluster contains 7 cases)			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
The ICT Development Index	8,46714	0,294772	0,08689
The Networked Readiness Index	80,09000	2,402631	5,77263
Global Inovation Index	59,74286	3,463552	11,99619
E-Government Development Index	0,92236	0,039873	0,00159
Global Competitiveness Index	5,52857	0,160357	0,02571

Descriptive Statistics for Cluster 3 (Spre Cluster contains 7 cases)			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
The ICT Development Index	7,14286	0,301646	0,09099
The Networked Readiness Index	63,48000	2,755576	7,59320
Global Inovation Index	43,47143	3,239709	10,49571
E-Government Development Index	0,82164	0,037211	0,00138
Global Competitiveness Index	4,50000	0,191485	0,03667

Descriptive Statistics for Cluster 4 (Spre Cluster contains 7 cases)			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
The ICT Development Index	6,75857	0,356063	0,126781
The Networked Readiness Index	53,04714	3,110915	9,677791
Global Inovation Index	35,97143	2,337174	5,462381
E-Government Development Index	0,75303	0,044616	0,001991
Global Competitiveness Index	4,11429	0,177281	0,031429

Рис. 3.5. Описові статистики для кластерів

Виділено групи кластерів та їх відстані до центру кластера, що утворилися (рис.3.6 –3.7).

Members of Cluster Number 1 and Distances from Respective Cluster contains 5 cases		Members of Cluster Number 2 and Distances from Respective Cluster contains 7 cases	
	Distance		Distance
Австрія	0,241558	Великобританія	1,710561
Бельгія	1,325717	Германія	1,862481
Франція	1,531481	Нідерланди	0,711759
Ісландія	1,376092	Швейцарія	2,851834
Норвегія	2,742245	Данія	1,382352
		Фінляндія	1,256172
		Швеція	1,713576

Рис. 3.6. Члени кластерів 1-2 та їх відстані до центра кластера

Members of Cluster Number 3 and Distances from Respective Cluster contains 7 cases		Members of Cluster Number 4 and Distances from Respective Cluster contains 7 cases	
	Distance		Distance
Венгрія	1,777018	Болгарія	2,012712
Польща	1,729054	Молдова	2,982023
Словакія	2,076638	Румунія	0,519888
Чехія	2,509102	Греція	1,054423
Іспанія	1,983024	Сербія	0,753184
Італія	1,002119	Хорватія	1,439872
Португалія	0,411679	Чорногорія	1,180833

Рис. 3.7. Члени кластерів 3-4 та їх відстані до центра кластера

Далі була проведена характеристика для кожного кластера [67].
Результати даного аналізу представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Кластер і елементи	Характеристика
Перший (Австрія, Бельгія, Франція, Ісландія, Норвегія)	<p>Прогресуючі країни. Цей кластер характеризує економіку країн, цифрова інфраструктуру в яких поки обмежено, але яка стрімко розвивається. Країни концентруються на таких завданнях:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поліпшення мобільного інтернет-доступу, його доступності та якості, для більш широкого поширення інновацій; 2. Зміцнення інституційного середовища і розвиток цифрового законодавства; 3. Заохочення інвестицій в ІТ-компанії, фінансування цифрових НДДКР, навчання

	<p>ІТ-кадрів і використання додатків для створення робочих місць;</p> <p>4. Заходи щодо скорочення нерівності в доступі до цифрових інструментів з гендерних, класових, етнічних і географічними ознаками (хоча багато в чому доступ як і раніше залишається нерівномірним).</p>
<p>Другий (Великобританія, Німеччина, Голландія, Швейцарія, Данія, Фінляндія, Швеція)</p>	<p>Високорозвинені країни, які характеризуються потенційно і фактично найсильнішим ІТ-розвитком в Європі. У цій зоні входять країни, економіка якої відрізняються як високим рівнем цифровізації, так і потужним темпом розвитку ІТ галузі. Дані країни вибрали наступні пріоритети:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Підтримка впровадження цифрових споживчих інструментів (інтернет-торгівля, цифрові платежі, розваги і т. д.); 2. Залучення, навчання і утримання ІТ-кадрів; 3. Плекання цифрових стартапів; 4. Забезпечення швидкого і загальнодоступного доступу в інтернет - як наземного (наприклад, оптоволоконного), так і мобільного; 5. Спеціалізація на експорті цифрових товарів, послуг або медіа; 6. Координований інноваційний процес: університети, бізнес і відповідальні за цифрове розвиток міністерства.

Кластер і елементи	Характеристика
<p>Третій (Угорщина, Польща, Словаччина, Чехія, Іспанія Італія, Португалія)</p>	<p>Помірна розвиненість. До цього кластеру відносяться країни з достатньо непоганим розвитком цифрових систем. Але країнам необхідно привернути увагу на зростання ІТ. Країнам варто зробити пріоритетом наступні завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Захист від «цифрових плато»: подальші інвестиції в стійкі інституційні опори, регуляторне середовище та ринки капіталу для підтримки подальших інновацій; 2. Подальше використання політичних інструментів і регулювання для забезпечення рівномірного доступу до цифрових можливостей і захист усіх споживачів від порушень конфіденційності, кібератак та інших загроз (і в той же час збереження доступності даних для нових цифрових додатків); 3. Залучення, навчання і утримання професіоналів з цифровими навичками - найчастіше за допомогою реформ імміграційної політики; 4. Визначення нових технологічних ніш і створення екосистем, що сприяють інноваціям в цих сферах.

Кластер і елементи	Характеристика
<p>Четвертий (Болгарія, Молдова, Румунія, Греція, Сербія, Хорватія, Чорногорія)</p>	<p>Недостатньо розвинені. Цей кластер характеризується низьким темпом зростання ІТ-сектору. Країнам цієї зони варто брати приклад з перспективних економік країн у використанні ІТ технологій, як інструменту економічної стійкості. Таким чином пріоритетами подальшого розвитку повинні бути наступними:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Довгострокові інвестиції в рішення базових проблем з інфраструктурою; 2. Створення інституційного середовища, яке підтримує безпечне і широке поширення цифрових продуктів і послуг серед споживачів - особливо якщо ці продукти сприяють продуктивності і створення нових робочих місць; 3. Підтримка ініціатив з розвитку цифрового доступу для груп населення, що історично знаходяться в слабкому становищі (особливо за допомогою співпраці держави з приватним бізнесом); 4. Підтримка додатків, які вирішують нагальні проблеми і тим самим можуть стати каталізаторами для поширення цифрових інструментів (наприклад, платформ цифрових платежів).

Отже, дана модель дала нам змогу побачити стан розвитку ІТ-сфери на Європейському ринку. Формування кластерів інноваційної та наукової

діяльності переважно пов'язане з спеціалізацією за конкретними напрямками діяльності, зокрема створенням нових продуктів та технологій. Ефективність результатів функціонування кластера залежить від збалансованості процесів фінансування цифрових робіт та кінцевими витратами по їх освоєнню. Досягнення оптимальних пропорцій дасть змогу сформувати територіальні зони, що поєднують науковий, цифровий та виробничий потенціал підприємств з визначеною спеціалізацією за напрямками інноваційної діяльності.

3.2. Аналіз відмінностей у групах на основі методів дискримінантного аналізу

У роботі подальшим етапом є визначення стану розвитку ІТ-сфери України на Європейському ринку за допомогою методів дискримінантного аналізу. Для початку була побудована та оцінена дискримінантна модель за допомогою лямбди Уїлкса, яка змінюється в межах $[0,1]$. Результати розрахунку наведені на рис 3.8.

Discriminant Function Analysis Summary (Spreadsheet148)						
No. of vars in model: 5; Grouping: Class (4 grps)						
Wilks' Lambda: ,01617 approx. F (15,50)=11,539 p< ,0000						
N=26	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (3,18)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
The ICT Development Index	0,026006	0,621799	3,649418	0,032432	0,603061	0,396939
The Networked Readiness Index	0,022367	0,722958	2,299232	0,111930	0,390075	0,609925
Global Innovation Index	0,027876	0,580090	4,343220	0,018095	0,533718	0,466282
E-Government Development Index	0,017523	0,922831	0,501730	0,685843	0,438064	0,561936
Global Competitiveness Index	0,023489	0,688435	2,715419	0,075264	0,536268	0,463732

Рис. 3.8. Результати дискримінантного аналізу

Як можна бачити за показником лямбди Уїлкса значення близькі до нуля тому маємо високу якість дискримінації. Таким чином, можна дійти висновку, що найбільш значущою змінною для дискримінації є змінна The ICT Development Index, Global Innovation Index. Далі обчислюємо відстані між групами результати наведені на рис.3.9.

Class	Squared Mahalanobis Distances (Spreadsheet148)			
	D	C	A	B
D	0,0000	14,26256	69,65128	114,5261
C	14,2626	0,00000	31,20031	53,5728
A	69,6513	31,20031	0,00000	13,1983
B	114,5261	53,57280	13,19825	0,0000

Рис.3.9. Матриця відстаней між групами

Побудовані коефіцієнти дискримінантних функцій для виділених класів станів підприємств (А, В, С, D) показано на рис.3.10.

Variable	Classification Functions; grouping: Class (Spreads			
	D p=,26923	C p=,26923	A p=,19231	B p=,26923
The ICT Development Index	49,687	48,436	60,869	56,337
The Networked Readiness Index	-1,937	-0,661	0,062	0,563
Global Innovation Index	-4,134	-3,696	-4,479	-3,208
E-Government Development Index	269,085	249,350	188,542	194,649
Global Competitiveness Index	177,535	176,250	201,694	196,019
Constant	-510,014	-571,965	-753,127	-798,164

Рис. 3.10. Дискримінантні функції

Таким чином, лінійні дискримінантні функції мають такий вигляд:

$$y_1 = -510,01 + 49,68x_1 - 1,93x_2 - 4,134x_3 + 269,089x_4 + 177,53x_5$$

$$y_2 = -571,97 + 48,43x_1 - 0,6x_2 - 3,7x_3 + 249,35x_4 + 176,25x_5$$

$$y_3 = -753,12 + 60,87x_1 + 0,06x_2 - 4,48x_3 + 188,542x_4 + 201,12x_5$$

$$y_4 = -798,2 + 56,33x_1 + 0,57x_2 - 3,2x_3 + 194,65x_4 + 196,01x_5$$

За допомогою класифікаційної матриці було визначено кількість і відсоток правильно класифікованих спостережень в кожній з груп (рис.3.11).

Classification Matrix (Spreadsheet148)					
Rows: Observed classifications					
Columns: Predicted classifications					
Group	Percent Correct	D p=,26923	C p=,26923	A p=,19231	B p=,26923
D	100,0000	7	0	0	0
C	100,0000	0	7	0	0
A	100,0000	0	0	5	0
B	100,0000	0	0	0	7
Total	100,0000	7	7	5	7

Рис. 3.11. Матриця класифікацій

На рис. 3.12 наведені матриці розпізнавання стану підприємств, а саме визначення приналежності об'єкта до одного з виділених класів.

Classification of Cases (Spreadsheet148)						Squared Mahalanobis Distances from Group Centroids (Spreadsheet148)						Posterior Probabilities (Spreadsheet148)					
Incorrect classifications are marked with *						Incorrect classifications are marked with *						Incorrect classifications are marked with *					
Case	Observed Classif.	1 p=,26923	2 p=,26923	3 p=,19231	4 p=,26923	Case	Observed Classif.	D p=,26923	C p=,26923	A p=,19231	B p=,26923	Case	Observed Classif.	D p=,26923	C p=,26923	A p=,19231	B p=,26923
Болгарія	D	D	C	A	B	Болгарія	D	5,2541	13,69570	60,9312	97,1890	Болгарія	D	0,985526	0,014474	0,000000	0,000000
Венгрія	C	C	D	A	B	Венгрія	C	11,2997	4,35099	52,2523	78,3167	Венгрія	C	0,030051	0,969949	0,000000	0,000000
Молдова	D	D	C	A	B	Молдова	D	4,3805	32,56007	102,5949	156,5596	Молдова	D	0,999999	0,000001	0,000000	0,000000
Польща	C	C	D	A	B	Польща	C	14,3944	8,32167	41,5416	72,8826	Польща	C	0,045810	0,954190	0,000000	0,000000
Румунія	D	D	C	A	B	Румунія	D	2,6127	14,08526	66,2939	109,4724	Румунія	D	0,996784	0,003216	0,000000	0,000000
Словакія	C	C	D	A	B	Словакія	C	9,3069	2,93596	39,5174	71,6516	Словакія	C	0,039716	0,960284	0,000000	0,000000
Чехія	C	C	A	D	B	Чехія	C	29,3741	3,85017	26,8935	36,6581	Чехія	C	0,000003	0,999997	0,000007	0,000000
Австрія	A	A	B	C	D	Австрія	A	60,4389	23,03350	2,0074	13,1080	Австрія	A	0,000000	0,000038	0,994551	0,005411
Бельгія	A	A	B	C	D	Бельгія	A	68,2171	33,73828	3,9902	20,1789	Бельгія	A	0,000000	0,000000	0,999572	0,000427
Великобританія	B	B	A	C	D	Великобританія	B	100,5161	50,17681	13,9593	5,6134	Великобританія	B	0,000000	0,000000	0,010885	0,989115
Нідерланди	B	B	A	C	D	Нідерланди	B	114,7106	60,48413	8,5833	7,2116	Нідерланди	B	0,000000	0,000000	0,264571	0,735429
Франція	A	A	B	C	D	Франція	A	123,1469	60,00968	12,1580	1,0863	Франція	A	0,000000	0,000009	0,835324	0,164667
Швейцарія	B	B	A	C	D	Швейцарія	B	68,2607	26,81986	3,1998	7,1205	Швейцарія	B	0,000000	0,000000	0,000005	0,999995
Данія	B	B	A	C	D	Данія	B	154,0797	86,88035	31,5486	7,8075	Данія	B	0,000000	0,000000	0,003471	0,996529
Ісландія	A	A	B	C	D	Ісландія	A	112,5803	50,35870	15,5270	4,8804	Ісландія	A	0,000000	0,000000	0,999976	0,000024
Норвегія	A	A	B	C	D	Норвегія	A	66,7896	38,84615	8,4196	30,3862	Норвегія	A	0,000000	0,000000	0,997696	0,002304
Фінляндія	B	B	A	C	D	Фінляндія	B	110,3853	59,39909	8,2183	21,0329	Фінляндія	B	0,000000	0,000000	0,000914	0,999086
Швеція	B	B	A	C	D	Швеція	B	100,7655	41,02796	19,8502	6,5286	Швеція	B	0,000000	0,000000	0,000005	0,999995
Греція	D	D	C	A	B	Греція	D	132,5823	62,77052	27,4598	3,5708	Греція	D	0,995649	0,004351	0,000000	0,000000
Іспанія	C	C	A	D	B	Іспанія	C	3,0871	13,95319	67,5860	110,5728	Іспанія	C	0,000022	0,994772	0,005206	0,000000
Італія	C	C	D	A	B	Італія	C	26,5165	5,05802	14,8905	35,4336	Італія	C	0,000209	0,999791	0,000000	0,000000
Португалія	C	C	D	A	B	Португалія	C	18,4870	1,53944	38,6600	54,2061	Португалія	C	0,000259	0,999741	0,000000	0,000000
Сербія	D	D	C	A	B	Сербія	D	16,7090	0,19355	30,8966	52,1107	Сербія	D	0,999463	0,000537	0,000000	0,000000
Хорватія	D	D	C	A	B	Хорватія	D	0,9509	16,01010	77,7336	124,3704	Хорватія	D	0,979496	0,020504	0,000000	0,000000
Чорногорія	D	D	C	A	B	Чорногорія	D	3,1145	10,84731	55,4985	98,0350	Чорногорія	D	0,999882	0,000118	0,000000	0,000000
								1,8165	19,90253	78,1370	126,6999						

Рис. 3.12. Матриці розпізнавання стану підприємств

Для розпізнавання стану ІТ-сфери України на Європейському ринку в основі відомих значень коефіцієнтів були проведені розрахунки рис.3.13.

Іспанія	7,79	67,31	45,6	0,8801	4,7	C
Італія	7,04	63,69	45,7	0,8231	4,5	C
Португалія	7,13	64,4	43,5	0,8255	4,5	C
Сербія	6,61	52,96	34,3	0,7474	4	D
Хорватія	7,24	55,94	37,3	0,7745	4,1	D
Чорногорія	6,44	50,95	34,4	0,7006	4,1	D
Україна	5,62	49,43	36,3	0,7119	4	

Рис. 3.13. Дані для розпізнавання

Для визначення належності нових об'єктів до виділених класів було розраховано:

Classification of cases (Класифікація спостережень)

Squared Mahalanobis distances (Квадрати відстаней Махаланобіса)

Posterior probabilities (Апостеріорні ймовірності)

Результати розпізнавання наведено на рис. 3.14.

Classification of Cases (Spreadsheet148)					
Incorrect classifications are marked with *					
Case	Observed Classif.	1 p=,26923	2 p=,26923	3 p=,19231	4 p=,26923
Италия	C	C	D	A	B
Португалия	C	C	D	A	B
Сербия	D	D	C	A	B
Хорватия	D	D	C	A	B
Черногория	D	D	C	A	B
Украина	---	D	C	A	B

Squared Mahalanobis Distances from Group Centroids (Spreadsheet148)					
Incorrect classifications are marked with *					
Case	Observed Classif.	D p=,26923	C p=,26923	A p=,19231	B p=,26923
Италия	C	18,4870	1,53944	38,6600	54,2061
Португалия	C	16,7090	0,19355	30,8966	52,1107
Сербия	D	0,9509	16,01010	77,7336	124,3704
Хорватия	D	3,1145	10,84731	55,4985	98,0350
Черногория	D	1,8165	19,90253	78,1370	126,6999
Украина	---	16,9830	35,42380	125,6850	162,2361

Posterior Probabilities (Spreadsheet148)					
Incorrect classifications are marked with *					
Case	Observed Classif.	D p=,26923	C p=,26923	A p=,19231	B p=,26923
Италия	C	0,000209	0,999791	0,000000	0,000000
Португалия	C	0,000259	0,999741	0,000000	0,000000
Сербия	D	0,999463	0,000537	0,000000	0,000000
Хорватия	D	0,979496	0,020504	0,000000	0,000000
Черногория	D	0,999882	0,000118	0,000000	0,000000
Украина	---	0,999901	0,000099	0,000000	0,000000

Рис. 3.14. Результати розпізнавання

З результатів розрахунків ми можемо бачити, що Україна відноситься до недостатньо розвинених країн Європейського Союзу у ІТ-сфері. Але в Україні є дуже великі можливості для розвитку цієї галузі, якщо країна зверне увагу на розширення ІТ середовища, яке підтримує безпечне і широке поширення цифрових продуктів і послуг серед споживачів - особливо якщо ці продукти сприяють продуктивності і створення нових робочих місць.

Дискримінантний аналіз показав, що найбільш значущою змінною під час розбиття вибірки на кластери є The ICT Development Index, Global Innovation Index.

3.3. Прогнозування розвитку ІТ-сектора України за допомогою множинної регресії

Метою розробки даної економетричної моделі є створення регресійної моделі, яка б дозволила описати стан ІТ-сектору економіки країн. Тому для побудови моделі насамперед потрібно визначити досліджувану сукупність, що є першою стадією побудови вибірки. Для запропонованої моделі цією сукупністю будуть дані за індексом The ICT Development Index, який характеризує стан ІТ-сектору України та фактори, що впливають на його розвиток.

Таким чином, пропонується розглянути перелік змінних, де в якості Y вибираємо Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index), так як даний показник, покликаний порівнювати досягнення країн світу у розвитку ІКТ та може бути використаний як інструмент для проведення порівняльного аналізу на глобальному, регіональному та національному рівнях. Рівень розвитку ІКТ сьогодні є одним з найбільш важливих показників для оцінки ІТ-сектора економіки країн. В даний час індекс вважається одним з найбільш важливих показників інноваційного та технологічного потенціалу країн світу і можливостей їх розвитку в сфері високих технологій і ІТ-індустрії.

Для незалежних змінних виділяються такі показники:

витрати на інновації (X_1),

експорт послуг у сфері телекомунікації, комп'ютерні та інформаційні послуги (X_2),

кількість ІТ спеціалістів (X_3),

кількість ІТ-ФОПів (X_4).

За регіонами подані на період з 2002 по 2021 рік. Вихідні дані зображенні на рис. 3.15.

	1 Y	2 X1	3 X2	4 X3	5 X4
2002	1,92	1757,1	1074,5	6512	10345
2003	2,3	1971,4	1249,4	8861	12445
2004	2,5	3013,8	1865,6	10689	13428
2005	2,64	3059,8	1873,7	13225	17978
2006	2,72	4534,6	2717,5	21126	19684
2007	3,1	5751,6	3149,6	27447	22810
2008	3,4	6160,0	3489,2	33491	26344
2009	3,8	10821,0	7441,3	39869	34113
2010	3,97	11994,2	7664,8	46106	36452
2011	4,1	7949,9	4974,7	46284	38 000
2012	4,2	8045,5	5051,7	47432	42365
2013	4,4	14333,9	10489,1	50280	52776
2014	4,5	11480,6	8051,8	52271	68706
2015	4,64	9562,6	5546,3	89300	78845
2016	5,15	7695,9	5115,3	99900	89475
2017	5,23	13813,7	11141,3	127000	102046
2018	5,34	23229,5	19829,0	159700	122964
2019	5,62	9117,5	5898,8	191 838	150639
2020	5,81	12180,1	8291,3	202790	183437
2021	6,21	14220,9	10185,1	252068	212587

Рис. 3.15. Вихідні дані

Отже, побудуємо лінійну множинну регресію, яка відобразить вплив незалежних вхідних факторів на кінцеве значення індексу розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та визначаємо всі її характеристики. Перевіримо статистичну значимість моделі та адекватність моделі за критерієм Фішера. Результати можемо побачити на рис. 3.16.

Regression Summary for Dependent Variable: Y (Spreadsheet73)						
R= ,96263203 R²= ,92666043 Adjusted R²= ,90710321						
F(4, 15)=47,382 p<,00000 Std.Error of estimate: ,38509						
N=20	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(15)	p-value
Intercept			1,927828	0,239587	8,04647	0,000001
X1	1,59159	0,458273	0,000382	0,000110	3,47302	0,003407
X2	-1,23698	0,445962	-0,000351	0,000126	-2,77373	0,014192
X3	0,15472	0,563787	0,000003	0,000010	0,27443	0,787501
X4	0,48360	0,559335	0,000010	0,000012	0,86460	0,400874

Рис. 3.17. Результат побудови множинної лінійної економетричної моделі

Проведемо опис побудованої лінійної регресії. Коефіцієнт множинної кореляції показує тісноту лінійного зв'язку між залежними та незалежними

змінними і в даному випадку ця величина в розмірі 96,26%. Значення коефіцієнту детермінації R^2 досить високий (0,9266), що означає достатньо високу точність прогнозу. Критерій Фішера в даній моделі підтверджує її значущість загалом, оскільки розрахований критерій становить 47,382 (імовірність гіпотези $p < 0,05$). Таким чином, побудована модель є адекватною, може описувати вхідні процеси із проекцією на вихідну змінну. Проводячи аналіз факторів моделі на значимість факторів, бачимо, що серед вказаних величин багато статистично значущих елементів окрім 3-го та 4-го факторів (оскільки t-критерій для кожного фактору не переважає табличного значення і ймовірність гіпотези відкидається на основі p-value (для значимого фактору величина p-value має бути не більше 0,05)).

Наступним кроком дослідження багатофакторної регресійної моделі є перевірка наявності мультиколінеарності в моделі. Одним зі способів перевірки моделі на мультиколінеарність є розрахунок матриці парних кореляцій (рис. 3.18–3.19).

Variable	Correlations (Spreadsheet73)				
	X1	X2	X3	X4	Y
X1	1,000000	0,986576	0,648672	0,635273	0,778797
X2	0,986576	1,000000	0,618621	0,600769	0,719492
X3	0,648672	0,618621	1,000000	0,991684	0,901496
X4	0,635273	0,600769	0,991684	1,000000	0,904988
Y	0,778797	0,719492	0,901496	0,904988	1,000000

Рис. 3.18. Матриця коефіцієнтів парних кореляцій

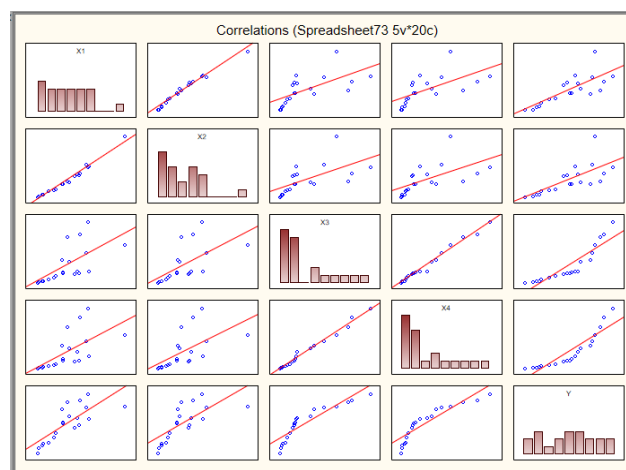


Рис. 3.19. Гістограми і діаграми розсіювання досліджуваних змінних

Отриманий результат говорить, що в моделі з великою ймовірністю мультиколінеарність все ж є. Були отримані високі значення кореляції між змінними. Коефіцієнти парних кореляцій та діаграми розсіву свідчать про сильний ступінь лінійного взаємозв'язку між досліджуваними парами змінних.

Наступним кроком було дослідження помилок моделі за критерієм Дарбіна – Уотсона й нециклічного коефіцієнта автокореляції. Результати розрахунку наведено на рис.3.20.

	Durbin-Watson d (Spreads and serial correlation of res	
	Durbin-Watson d	Serial Corr.
Estimate	1,368708	0,253668

Рис. 3.20. Автокореляція помилок моделі

При $m=4$ та $n=20$ $d_l = 0.9$, а $d_u = 1,83$. Значення отриманих коефіцієнтів порівнюються з табличними значеннями. Оскільки $d_l < d < d_u$, то немає достатніх підстав для ухвалення рішень.

Далі остаточно проведено оцінку наявності у моделі мультиколінеарності по алгоритму Ферарра-Глобера через часткові коефіцієнти кореляції між факторами та їх статистичну значущість. В умовах мультиколінеарності незалежних змінних ефективним методом оцінки параметрів економетричних моделей є реалізація покрокової регресії, яка передбачає оцінку параметрів моделі через коефіцієнти кореляцій. Спочатку проведено реалізацію методу покрокового включення змінних. Його результат показано на рис.3.21.

Regression Summary for Dependent Variable: Y (Spreadsheet73)						
R= ,94270783 R ² = ,88869805 Adjusted R ² = ,87560370						
F(2, 17)=67,869 p<,00000 Std.Error of estimate: ,44562						
N=20	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(17)	p-value
Intercept			2,363567	0,201962	11,70303	0,000000
X1	0,341839	0,104773	0,000082	0,000025	3,26267	0,004585
X4	0,687827	0,104773	0,000015	0,000002	6,56495	0,000005

Рис. 3.25. Регресійна модель методом покрокового виключення

З результатів розрахунків видно, що перша модель – модель покрокового включення показує найкращий результат. Описано отриману модель. Коефіцієнт множинної кореляції показує тісноту лінійного зв'язку між залежними та незалежними змінними і в даному випадку ця величина в розмірі 96,24%. Значення коефіцієнту детермінації R^2 досить високе (0,9262), що означає достатньо високу точність прогнозу.

Критерій Фішера в даній моделі підтверджує її значущість загалом, оскільки розрахований критерій становить 67,024 (імовірність гіпотези $p < 0,05$) Отримана модель може називатись адекватною, оскільки описує в повній мірі вхідні процеси із проекцією на вихідну змінну.

Стандартна похибка рівняння у 0,37 показує малу міру розсіювання спостережуваного значення відносно регресії. В рамках побудови економетричної моделі в ППП «STATISTICA» можна створити кінцеве рівняння. Отримуємо регресійне рівняння:

$$\hat{Y} = 1,91843 + 0.00013X_4 + 0.000378X_1 - 0.000334X_2$$

Оскільки побудована модель є адекватна, її параметри статистично значимі, то за моделлю можна скласти прогноз. Результати прогнозу наведені на рис. 3.26.

Predicting Values for (Spreadsheet73) variable: Y			
Variable	b-Weight	Value	b-Weight * Value
X4	0,000013	212587,0	2,85669
X1	0,000378	14220,9	5,37251
X2	-0,000344	10185,1	-3,50316
Intercept			1,91843
Predicted			6,64447
-95,0%CL			6,14805
+95,0%CL			7,14089

Рис. 3.26. Результат побудови прогнозу

Таким чином видно, що модель дала прогноз Індексу розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index) на рівні 6,64. При цьому довірчі інтервали для прогнозного значення становлять:

$$6,14805 \leq 6,64447 \leq 7,14089$$

За результатами розрахунків можна впевнено сказати, що на Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index) значним чином впливають витрати на інновації, експорт послуг у сфері телекомунікації, комп'ютерні та інформаційні послуги, кількість ІТ-ФОПів. Побудована модель надала доволі щільний діапазон потрапляння прогнозу Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index).

Отже, можна сказати, що прогнозне значення The ICT Development Index становить 6,64447 дає можливість сподіватись на ріст ІТ-секторі у 2022 році. Але зрозуміло, що війна стала відчутним потрясінням для ІТ-сфери в Україні вона також стала великим стресом для іноземних замовників і інвесторів. Хоча більшість українських ІТ-спеціалістів продовжують працювати навіть після вторгнення 24 лютого 2022 року. Цей прогноз дає надію, що ІТ-сектор країни після війни буде поступово зростати за рахунок вдалого розвитку цифрового потенціалу України.

ВИСНОВОК

Дипломна робота була присвячена дослідженню ІТ-сектору економіки країн. У роботі запропоновано структурно-логічну послідовність розробки та реалізації стратегії розвитку ІТ-сектору економіки країн, розкрито зміст окремих етапів роботи, проаналізовано особливості та тренди розвитку ІТ-індустрії, розроблено комплекс моделей оцінки рівня розвитку цифрової економіки в країнах і проведено рейтингове порівняння, побудовано моделі класифікації країн Європи за рівнем ІТ розвитку, проведено аналіз стану ІТ-сфери України на Європейському ринку, розроблено модель прогнозування ІТ-сфери України. Особливу увагу було приділено загальному аналізу теоретичних особливостей ІТ-ринку та подальших перспектив його розвитку, головних факторів впливу на ІТ-індустрію.

Після детального та чіткого обґрунтування цілей, об'єкту спостереження і аналізу ІТ розвитку, в роботі запропоновано концептуальну модель дослідження, яка акумулює основні прийоми та методи вивчення питань по ІТ-сектору, по її управлінню та прогнозуванню.

У модельній частині роботи було використано методи побудови множинної регресії, оскільки для розробки адекватної та ефективної цифрової політики необхідно чітко усвідомлювати вплив різних факторів на розвиток діджиталізації в Україні. У зв'язку з цим отримано відповідь на питання, чи існує взаємозв'язок між Індексом розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index) та факторами, що впливають на його економічне зростання або зниження. Власне, індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (The ICT Development Index) є ключовим чинником для забезпечення стійкого розвитку ІТ-сфери економіки країни. Результати розрахунків дають можливість сподіватись на зростання ІТ-сектору в наступному році. Зрозуміло, що війна стала відчутним потрясінням для ІТ-сфери в Україні, вона також стала великим стресом для іноземних замовників і інвесторів. Але прогноз дає надію, що ІТ-сектор країни після

війни буде поступово зростати за рахунок вдалого розвитку цифрового потенціалу України.

За допомогою методу класифікації вдалося оцінити рівень розвитку ІТ-сфери на Європейському ринку. Також було встановлено, що у ІТ-сфері Україна належить до недостатньо розвинених країн Європейського Союзу. Але в Україні є дуже великі можливості для розвитку цієї галузі, якщо країна зверне увагу на розширення ІТ-середовища, яке підтримує безпечне і безмежне поширення цифрових продуктів і послуг серед споживачів.

Таким чином, після проведення такого детального та відповідального дослідження слід визнати, що питання вивчення ІТ-сектору економіки країн залишається цікавим для нових спостережень та появи науково-теоретичних та практичних нововведень з даної теми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інструментальні засоби моделювання систем в інформаційній економіці/за ред. докт. екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т. С. Клебанової. – Харків: ВШЕМ – ХНЕУ ім. С. Ковалю, 2019. – 472 с.
2. Інформаційна економіка: етапи розвитку, методи управління, моделі / за ред. докт. екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т. С. Клебанової. – Братислава – Харків: ВШЕМ – ХНЕУ ім. С. Ковалю, 2018. – 668 с.
3. Моделювання поведінки суб'єктів господарювання в умовах змінного ринкового середовища / за ред. докт. екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т. С. Клебанової. – Бердянськ: Видавець Ткачук О. В., 2016. – 392 с.
4. Моделювання та інформаційні технології у дослідженні соціально-економічних систем: теорія та практика / за ред. докт. екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т. С. Клебанової. Бердянськ: ФОП Ткачук О. В., 2014. – 604 с.
5. Головенчик, Г.Г. Рейтинговий аналіз рівня цифрової трансформації економік країн ЄАЕС і ЄС / Г.Г. Головенчик // Цифрова трансформація. —2018. – № 2 (3). – С. 5-18.
6. Моделювання процесів управління в інформаційній економіці/під ред. докт. екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т. С. Клебанової. – Бердянськ: Видавець Ткачук А. В., 2017. – 386 с.
7. Прикладні аспекти прогнозування розвитку складних соціально-економічних систем / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. – Бердянськ: Видавець Ткачук О. В., 2015. – 384 с. (Англ., рос., укр. мов.)
8. Прикладні аспекти моделювання соціально-економічних систем / за ред. докт. екон. наук, проф. В. С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т. С. Клебанової. – Бердянськ: Видавець Ткачук А. В. 2015. – 512 с.

9. Сучасні проблеми прогнозування соціально-економічних процесів: концепції, моделі, прикладні аспекти : монографія / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. – Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2012. – 564 с.

10. Уряд спільно з представникам ІТ-індустрії планує зробити Україну лідером в ІТ-аутсорсингу Європи Forbes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://watcher.com.ua>. – Заголовок з екрана.

11. Василенко Н.В. Цифрова економіка: концепції та реальність: Інноваційні кластери в цифрову економіку: теорія і практика: праці науково-практичної конференції з міжнародною участю 17-22 травня 2017 года / під ред. д-ра екон. наук, проф. А. В. Бабкіна. – СПб .: Изд-во політехн. унта, 2017. – С. 147-151.

12. Що таке цифрова економіка [Електронний ресурс]. URL: <http://www.fingramota.org/teoriya-finansov/item/2198-chto-takoe-tsifrovaya-ekonomika>.

13. Подскребко О.С., Іванченко Н.О., Слишинська В.О. Становлення та перспективи розвитку цифрової економіки в Україні. // Причорноморські економічні студії. – 2019. – Вип.46. Ч.1. – С. 46-52.

14. Коляденко С.В. Цифрова економіка: передумови та етапи становлення в Україні і у світі /С.В. Коляденко // Економіка. Фінанси. Менеджмент. – 2016. – № 6. – С. 106–107.

15. Апалькова В. Концепція розвитку цифрової економіки в Євросоюзі та перспективи України / Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Менеджмент інновацій, 2015. Вип. 4. – С.9–18.

16. Коляденко С. В. Цифрова економіка: передумови та етапи становлення в Україні та світі // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. – 2016. – № 6. – С. 105–112.

17. Ахметов К. Взаимодействие человека и компьютера: тенденции, исследования, будущее // Форсайт. – 2013. – Т.7. – № 2. – С. 58–68.

18. Про схвалення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/386-2013-%D1%80#Text>.

19. Україна 2030е — країна з розвинутою цифровою економікою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoju.html>.

20. Zelenkov Y., Sharsheeva J. (2017) Impact of the investment in supercomputers on national innovation system and country's development. Communications in Computer and Information Science. Vol. 753: Parallel Computational Technologies. Switzerland: Springer, Pp. 42–57. 26.

21. Федулова Л.І. Оцінка впливу інноваційної активності промислових підприємств на соціально-економічний розвиток регіонів України / Федулова Л.І.//Економіка і прогнозування. – 2008. – № 3. – С. 106-120.

22. Цифрова адженда України – 2020. Концептуальні засади. Першочергові сфери, ініціативи, проекти цифровізації України до 2020 року. / НІТЕСН office. грудень 2016. 90 с. [Електронний ресурс] – URL: <https://uccr.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf>.

23. ICT service exports (% of service exports, BoP) [Electronic resource] // The World Bank Group. – Mode of Access: <https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.CCIS.ZS>.

24. Digital economy and society. Main Tables [Electronic resource] // Eurostat. – Mode of Access: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/main-tables>.

25. Рівень розвитку інформаційно-комунікаційних технологій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index>.

26. Рейтинг країн світу за індексом меревої готовності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gtmarket.ru/ratings/networked-readiness-index>

27. Network Readiness Index [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://networkreadinessindex.org/>.

28. Global Index: Methodology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.socialprogress.org/index/global/methodology>.
29. ICT development index [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/IDI/default.aspx>.
30. Digital Economy and Society Index – DESI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>.
31. Digital Evolution Index – DESI– [Електронний ресурс].. – Режим доступу: <https://sites.tufts.edu/digitalplanet/tag/digital-evolution-index/>
32. Boston Consulting Group (e-Intensity) – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/overview>.
33. Регресійний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F>.
34. Бойко Л. І. Кластери як одна із ефективних форм співробітництва Л. І. Бойко, С. В. Кудря // Економічний простір. – 2009. – № 1. – с. 327–331.
35. Данилишин Б., Веклич О. Україна в міжнародних рейтингах сталого розвитку // Економіка України, 2008. – № 7. – С.13–35.
36. IT ranking: where are the best developers in the world. SkillValue / research report. 2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://skillvalue.com/en/companies/it-ranking-best-developers-2019-skillvalue/>
37. Потапова Н.А. Кластеризація економічної діяльності та обслуговування як інструмент сталого розвитку сільських територій // Економіка України, 2009. – № 10. – С.69–75.
38. Статистичний щорічник України за 2019 рік. Державна служба статистики України. Available at: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2020.
39. Чухно А. Науково-технологічний розвиток як об'єкт дослідження еволюційної економічної теорії // Економіка України, 2008. – № 1.– С.12–21.
40. Лецинський О. Л. Економетрія: посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К. : МАУП, 2003. – 208 с.

41. Вдовиченко А. М. Фінансові ресурси населення та їх вплив на інноваційні процеси в Україні // www.nbuv.gov.ua/Portal/Soc_Gum/APE/2009_1/207-217.pdf.

42. Могильна Л. М. Сучасні проблеми управління інноваційним розвитком в сільськогосподарських підприємствах // www.library.kpi.kharkov.ua/Vestnik/2010_7/statti.

43. Лещинський О. Л. Економетрія: посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К. : МАУП, 2003. – 208 с.

44. Буга Н. Модель інноваційного розвитку проблемних регіонів / Н. Буга, І. Тарасов // Економіст. – 2007. – № 7. – С. 48–50.

45. Халін В.Г., Чернова Г.В. Наукова стаття «Цифровизация і її вплив на українську економіку і суспільство: переваги, виклики, загрози і ризики» URL:https://sziu.ranepa.ru/images/nauka/UK_DOI/10_18/Khalin_10_18.pdf.

46. Цілісна модель трансформації в цифрову економіку – як стати цифровими лідерами / В.П. Купріяновській, А.П. Добринін, С.А. Сінягов, Д.Є. Наміот // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Том 5, № 1. – С. 26-33.

47. Проєкт Дія. Цифрова освіта. – Міністерство цифрової трансформації України, 17 лютого 2020р., <https://thedigital.gov.ua/news/mintsifra-zapuskae-sotsialnu-reklamupro-proekt-diya-tsifrova-osvita>.

48. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації» від 17 січня 2018 р. № 67-р.[Електронний ресурс] - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-pr/ed20180117#n23>.

49. Метод найменших квадратів – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://university.prognoz.ru/biu/ru/Метод_найменших_квадратов.

50. Гудзь О. Є. Цифрова економіка: зміна цінностей та орієнтирів управління підприємствами // Економіка. Менеджмент. Бізнес. – № 2(24). – 2018. – С. 4–12.

51. Данніков О.В, Січкаренко К. О. Концептуальні засади цифровізації економіки України // Інфраструктура ринку. – 2018. – №17. – С. 73-80.
52. Джусов О. А., Альпаков С. С. Цифрова економіка: структурні зрушення на міжнародному ринку капіталу // Міжнародні відносини. Серія «Економічні науки» – 2016. – № 6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/322644079>.
53. Інтернет провайдер Великої Британії «Cable», вартість мобільних даних у всьому світі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.cable.co.uk/mobiles/worldwide-data-pricing>.
54. Коляденко С. В. Цифрова економіка: передумови та етапи становлення в Україні і у світі / С. В. Коляденко// Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. –2016. – № 6. – С. 105–112.
55. Короткий посібник з питань видів Інтернет зв'язку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ula.org.ua>.
56. Уряд спільно з представникам ІТ-індустрії планує зробити Україну лідером в ІТ-аутсорсингу Європи Forbes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://watcher.com.ua>. – Заголовок з екрана.
57. International Telecommunications Union ICT Development Index 2016-2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.itu.int/net4/ITU-D/idi/2017/index.html>.
58. The Global Competitiveness Report 2015–2016 [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2015-2016>.
59. Індекс Розвитку Інтернету в країнах світу – The Web and Rising Global Inequality [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://thewebindex.org/report>.
60. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки» No 67-р від 17.01.2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/pro-shvalennya-konceptsiyi-rozvitku-cifrovoyi->

ekonomiki-ta-suspilstva-ukrayini-na-20182020-roki-ta-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shodo-yiyi-realizaciyi.

61. Кластеризації економіки регіону – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download>.

62. Кластерний аналіз. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://habr.com/ru/company/spbifmo/blog/534410>.

63. Ієрархічна кластеризація – [Електронний ресурс]. – Режим доступу https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%86%D1%94%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.html.

64. Мешко Н. П., Сазонець О. М., Джусов О. А. та ін. Стратегії високотехнологічного розвитку в умовах глобалізації: національний та корпоративний аспекти: монографія. Донецьк: Юго-Восток, 2012. – 470 с

65. Соколова Г. Б. Деякі аспекти розвитку цифрової економіки в Україні. Економічний вісник Донбасу. – 2018. – № 1(51). – С. 92–96.

66. Ковтонюк, К. В. Цифровізація світової економіки як фактор економічного зростання // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки, Вип. 27, Ч.1. – С. 29–33. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_27/1/9.pdf.

67. Кудрявець Д.В., Чаговець Л.О. Моделі оцінки й аналізу рівня цифрового розвитку України // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем. Матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції 8-9 квітня 2021 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mpsesm.org/book/2021/thesis04-kud.html#thesis04-kud>.

68. World Bank Open Data. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://data.worldbank.org/>

69. OECD.Stat. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://stats.oecd.org>.

70. Виручка ІТ-компаній України і її сусідів зростає в 4–5 разів швидше, ніж в середньому по світу. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2019/02/15/645317/>.

71. Топ-50 ІТ-компаній України, липень 2020: лише 2 % зростання, негативна динаміка у “великій п’ятірці” і скорочення у чверті. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/articles/top-50-july-2020>.

72. Топ 5 ІТ-кластерів України. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://ucluster.org/blog/2020/04/top5-it-klasteriv-ukraini>.

73. ІТ-індустрія: розвиток української економіки і талантів [Електронний ресурс] // Асоціація «ІТ України». – Київ. – Вересень, 2015. – 20 с. – Режим доступу: itukraine.org.ua/sites/default/files/1_vytalyu_nuzhnyu.pdf.