

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

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Спеціальність	Економіка
Освітня програма	Економічна кібернетика
Група	6.04.051.020.18.1

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Моделі аналізу зайнятості в умовах цифрової економіки»

Виконала: студентка Анастасія ОРЛОВА

Керівник: д.е.н., професор Лідія ГУР'ЯНОВА

Рецензент: д.е.н., проф., проф. кафедри економічної кібернетики
Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника
Іван БУРТНЯК

Харків – 2022 рік

РЕФЕРАТ

Звіт про дипломну роботу: 51 сторінка, 3 розділи, 31 рисунок, 6 таблиць, 40 джерел.

Об'єктом дослідження виступають тенденції зміни зайнятості населення України під впливом факторів цифровізації та інновацій у порівнянні із світовими трендами.

Метою роботи є розробка комплексу моделей, що дозволяють проаналізувати, як змінюється зайнятість під впливом факторів цифровізації та інновацій в економіці, для визначення таких категорій професій, попит на які знижуватиметься, що має бути враховано у програмах перекваліфікації, та виявлення тих областей, у яких мають нарощуватись пропозиції освітніх програм.

Отримані результати можуть розглядатися як інструмент підтримки прийняття рішень щодо адаптації системи превенції дисбалансів і регулювання ринку праці та адаптації освітніх програм для зниження тривалості структурного безробіття.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИФРОВІЗАЦІЯ, ІННОВАЦІЇ, ЗАЙНЯТІСТЬ НАСЕЛЕННЯ, РИНОК ПРАЦІ, МОДЕЛІ ОЦІНКИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СТРУКТУРА ЗАЙНЯТОСТІ, СФЕРИ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.

РЕФЕРАТ

Отчет о дипломной работе: 51 страница, 3 раздела, 31 рисунок, 6 таблиц, 40 источников.

Объектом исследования выступают тенденции изменения занятости населения Украины под влиянием факторов цифровизации и инноваций по сравнению с мировыми трендами.

Целью работы является разработка комплекса моделей, позволяющих проанализировать, как меняется занятость под влиянием факторов цифровизации и инноваций в экономике, для определения таких категорий профессий, спрос на которые будет снижаться, что должно быть учтено в программах переквалификации, и выявления тех областей, в которых должны наращиваться предложения образовательных программ.

Полученные результаты могут рассматриваться как инструмент поддержки решений по адаптации системы превенции дисбалансов и регулирования рынка труда и адаптации образовательных программ для снижения продолжительности структурной безработицы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ИННОВАЦИИ, ЗАНЯТОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ, РЫНОК ТРУДА, МОДЕЛИ ОЦЕНКИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СТРУКТУРА ЗАНЯТОСТИ, СФЕРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

ABSTRACT

Thesis of bachelor degree: 51 pages, 3 sections, 31 figures, 6 tables, 40 sources.

The object of the study is trends in employment of the population of Ukraine under the influence of digitalization and innovation in comparison with global trends.

The aim of the work is to develop a set of models to analyze how employment is changing under the influence of digitalization and innovation in the economy, to identify such categories of occupations for which demand will decline, which should be taken into account in retraining programs and increase offers of educational programs.

The obtained results can be considered as a tool to support decision-making on the adaptation of the system of imbalance prevention and labor market regulation and the adaptation of educational programs to reduce the duration of structural unemployment.

KEY WORDS: DIGITALIZATION, INNOVATION, POPULATION EMPLOYMENT, LABOR MARKET, EVALUATION MODELS, INFORMATION TECHNOLOGIES, STRUCTURE OF EMPLOYMENT, FIELDS OF ECONOMIC ACTIVITY.

ЗМІСТ

ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РІВЕНЬ ЗАЙНЯТОСТІ	12
1.1. Аналіз впливу цифровізації економіки та інновацій на ринок праці України.....	12
1.2. Концептуальна схема дослідження	19
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ КЛАСИФІКАЦІЇ КРАЇН ЗА РІВНЕМ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗАЙНЯТОСТІ	22
2.1. Моделі групування країн методами кластерного аналізу.....	22
2.2. Моделі ідентифікації класу країни на основі логіт- та пробіт- аналізу	31
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ЗАЙНЯТОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ.....	36
3.1. Розробка моделі оцінки інвестицій в інноваційний розвиток на рівень зайнятості в Україні	36
3.2. Розробка економетричних моделей динаміки.....	38
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку світової економіки найважливішу роль відіграють інформаційно-комунікаційні технології, що є причиною суттєвих змін у функціонуванні економічних систем різного рівня. Відбувається перехід від впровадження окремих цифрових технологій до комплексної побудови цифрової екосистеми. За таких умов цифровізація є важливою складовою економічного розвитку більшості країн і водночас стає основою сталого зростання виробництва, підвищення конкурентоспроможності та рівня життя населення, трансформації ролі людини у цифровому суспільстві, зміни характеру її праці і побуту, параметрів якості життя.

Праця людей зазнає суттєвих змін у цифровому суспільстві, вона дедалі більше індивідуалізується, переходить у цифрове середовище, потребує постійного оновлення знань і високої мобільності, особливих підходів до формування нового типу соціально-трудоких відносин. Саме ці зміни і вимагають модернізації зайнятості. Формується цифрова зайнятість, яка реалізується через онлайн-платформи, широкого поширення набуває нестандартна зайнятість у таких формах, як: фріланс, телепраця, позикова праця (лізинг персоналу, аутсорсинг, аутстафінг) [1].

Зараз з цим, цифровізація має значний вплив на структурні зміни ринку праці. За даними дослідження The Future of Jobs Світового економічного форуму, вже найближчими роками світовий ринок праці зазнаватиме значних структурних змін: створення 2 млн. нових робочих місць в інтелектуальних та високотехнологічних сферах, де потрібні аналіз даних та управління складними технологічними процесами, але при цьому скорочення понад 7 млн. робочих місць у реальному секторі та сфері адміністративної роботи, де велика частка рутинної, некваліфікованої праці [2]. Об'єктивні тренди цифровізації економіки та впровадження інновацій призводять до зниження зайнятості у певних галузях.

Проблема зайнятості є важливою як на макро-, так і на мезо- мікро- економічних рівнях. Завдання оцінки впливу цифровізації на зайнятість розглядається у багатьох вітчизняних та зарубіжних літературних джерелах. Так, питанням впливу цифровізації на зайнятість приділили значну увагу такі зарубіжні вчені, як Б. Балсмеєр та М. Воєртер [3], Ф. М. Фоссен та А. Соргнер [4], В. Цирілло та Р. Евангеліста [5]. Суттєвий внесок у дослідження тенденцій зайнятості під впливом інноваційних та цифрових процесів зробили такі вітчизняні фахівці, як О. Попело [6], С.І. Туль [7], Н.А. Азьмук [8]. Країни мають бути готовими до вирішення проблем на ринку праці, властивих цифровій економіці, що обумовило вибір теми дослідження.

Метою роботи є розробка комплексу моделей, що дозволяють проаналізувати, як змінюється зайнятість під впливом факторів цифровізації та інновацій в економіці, для визначення таких категорій професій, попит на які знижуватиметься, що має бути враховано у програмах перекваліфікації, та виявлення тих областей, у яких мають нарощуватись пропозиції освітніх програм.

Для досягнення поставленої мети були визначені та вирішені наступні завдання:

- розкрити поняття, характерні ознаки та ключові показники явища цифровізації економіки;

- дослідити показники рівня цифровізації економіки у країнах Європи;

- проаналізувати етап розвитку цифрової економіки України;

- провести аналіз ступеню залежності показників зайнятості від інноваційної діяльності країни;

- побудувати динамічні моделі показників зайнятості України у розрізі галузей економічної діяльності;

- розробити прогнози вакансій за сферами економічної діяльності в умовах цифровізації.

Об'єктом дослідження виступають тенденції зміни зайнятості населення України під впливом факторів цифровізації та інновацій у порівнянні із світовими трендами.

Предметом дослідження є методи моделювання впливу процесів цифровізації та інноваційних процесів на зайнятість населення загалом, та зокрема на її структуру у розрізі видів економічної діяльності.

Інформаційною основою дослідження є офіційні статистичні дані з сайтів Державної служби статистики України, World Bank Group та World Intellectual Property Organization. Для побудови моделей застосовано R Studio та ППП «STATISTICA».

Теоретичним результатом роботи є запропонована концептуальна схема до побудови моделей аналізу зайнятості населення в умовах цифрової економіки, яка включає: розробку моделей комплексної оцінки зайнятості та продуктивності за стадіями цифрового розвитку; розробку моделей оцінки впливу інвестицій в інновації на зайнятість населення; моделювання та прогнозування структури зайнятості за видами економічної діяльності.

Інструментальним результатом роботи є розроблені моделі класифікації країн за рівнем розвитку цифрової економіки; моделі ідентифікації стадії розвитку цифрової економіки; моделі аналізу впливу інвестицій в інновації на рівень зайнятості; моделі прогнозування кількості вакансій за сферами економічної діяльності.

Прикладним результатом роботи є діагностичні класи країн за рівнем розвитку цифрової економіки, які дозволяють визначити стадію цифрового розвитку економіки України; прогнози вакансій за сферами економічної діяльності в умовах цифровізації.

Отримані результати можуть розглядатися як інструмент підтримки прийняття рішень щодо адаптації системи превенції дисбалансів і регулювання ринку праці та адаптації освітніх програм для зниження тривалості структурного безробіття.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РІВЕНЬ ЗАЙНЯТОСТІ

1.1. Аналіз впливу цифровізації економіки та інновацій на ринок праці України

Останніми десятиліттями однією з головних тенденцій розвитку економіки та суспільства в цілому є застосування інформаційних технологій у різних сферах життєдіяльності людини, цифровізація економіки. Слід зазначити, що цифровізація економіки нерозривно пов'язана з впровадженням інновацій виробничо-технологічного, організаційного і т. ін. призначення. Не всі інновації відносяться до цифрових інновацій, однак, останнім часом, процес цифровізації, як правило, є складовою інноваційних проектів або сам є базою інноваційного проекту. Тому ці два фактори (фактор інновацій і фактор цифровізації економіки) є взаємопов'язаними і доцільно розглядати їх у комплексі. Невипадково, для оцінки рівня розвитку цифрової економіки використовують комплексні показники результативності впровадження інновацій та конкурентоспроможності, такі як Global Innovation Index (INSEAD, WIPO), Global Competitiveness Index (WEF) і т. ін. [9]. Крім того, обидва фактори мають значний вплив на структуру зайнятості.

Термін «інновація» вперше почав вживатися у соціальному контексті у Франції у XIII столітті, а пізніше, у XVI столітті, в англійській мові. Тоді цей термін описував нове у мові та праві. У XIX столітті термін «інновація» почав означати щось запозичене однією культурою з іншої, і лише у XX столітті, як вважають багато дослідників, термін отримав наукове пояснення завдяки австрійському і американському економісту Й.А. Шумпетеру [10]. Він описує інновації як «введений у вжиток новий або значно покращений продукт (товар, послугу) або процес, новий метод продажів чи новий організаційний метод у діловій практиці, організації робочих місць чи зовнішніх зв'язків» [10, с. 58]. Описане визначення фіксує можливість нововведень як у продукті, так і у

процесі, і навіть організації просування і збуту, управлінні організацією та зовнішніх зв'язках. Такий комплексний підхід відображає широту та складність цього поняття.

Термін «цифрова економіка» трактується вченими NES, як “діяльність зі створення, розповсюдження та використання цифрових технологій та пов'язаних з ними продуктів та послуг” [11, с. 13]. До цифрових технологій відносять Big Data, AI, нейротехнології, блокчейн, квантові технології, нові виробничі технології (технології цифровізації виробничих процесів, адитивні технології, комп'ютерний інжиніринг, суперкомп'ютерні технології), робототехніку, технології віртуальної та доповненої реальності та ін.

Розвиток цифрової та інноваційної економіки викликає великі соціально-економічні зрушення, у т. ч. і у сфері трудових відносин. При цьому змінюється сам тип професійної діяльності та характер праці.

Цифровий розвиток економіки значно спрощує комунікаційні зв'язки між державою, підприємцями та найманими працівниками. Також розширюються можливості для навчання, досліджень, відкриваються нові технології ведення бізнесу та виробництва. Однак, орієнтація економіки на цифровий розвиток веде до скорочення та подальшого зникнення деяких спеціальностей та супроводжуватиметься появою нових. Уже зараз набуває широкого розповсюдження Інтернет-банкінг, електронний уряд, програми автоматичного ведення бухгалтерського обліку тощо. Світові біржі фрілансерів і соцмережі стерли межі між замовниками та виконавцями. Віддалені співробітники вибирають замовників, кількість робочих годин і вибудовують графік, орієнтуючись на свої потреби, а не на штатний розклад. Більшість світових HR-експертів відзначають, що дистанційна зайнятість - глобальний тренд на ринку праці [12].

Глобальне впровадження цифрових розробок має значний вплив на потребу роботодавців у співробітниках, а також на вимоги до рівня кваліфікації персоналу. Вплив цифровізації має як позитивні, так і негативні аспекти. Серед факторів, які сприятимуть зростанню зайнятості, виділяють:

створення нових робочих місць та професій загалом;
зростання попиту на існуючі професії в ІТ-сфері;
скорочення часу пошуку роботи через Інтернет, що сприятиме зменшенню фрикційного безробіття;
розвиток віддаленої праці.

Фактори, які сприятимуть зростанню безробіття:
скорочення потреби у робітниках за рахунок автоматизації;
потреба у часі на підготовку висококваліфікованих працівників (структурне безробіття) [1].

Швидке реагування на технологічні виклики здатні нівелювати деякі негативні наслідки змін шляхом навчання та перекваліфікації працівників.

Крім того, інтенсивний розвиток технологій скорочує життєвий цикл професій. Знижується актуальність тих професій, які передбачають формалізоване виконання регулярних, простих завдань. Автоматизація та роботизація виробничих процесів, безсумнівно, призведуть до зростання безробіття, тому вже зараз важливо розробляти ефективну політику зайнятості. Однак такі професії, як інженери, актори, вчителі, керівники, соціальні працівники ще неможливо замінити роботами. Тому такі види діяльності вимагають високого рівня людського капіталу, який стає найважливішим ресурсом економічного зростання [1].

Спостерігається еволюція низки професій (наприклад, маркетологів, аналітиків і т. д.) через те, що змінюється та покращується їх професійний інструментарій. Зростає рівень вимог до універсальних компетенцій, наприклад *soft skills*, тобто оперування емоційним і соціальним інтелектом, вимог до комунікативних навичок в кроскультурному менеджменті та ін. Посилюються вимоги до адаптивності та гнучкості працівників. Збільшується попит на фахівців, які володіють компетенціями «цифрової спритності», якими називають навички роботи з різними пристроями та швидке опанування роботи з новітніми технологіями для підвищення професіоналізму та покращення професійної діяльності в цілому.

Робота з великими даними, створення штучних нейронних мереж, автоматичне розпізнавання осіб, мови, машинний мовний синтез, машинне навчання, нейросимуляції, проектування нейроінтерфейсів - саме ці сфери потребують кваліфікованих фахівців [12].

Згідно з даними останнього звіту Міжнародної організації праці, світова структура ринку праці у 2020 р. демонструє наступний розподіл між найманими працівниками, особами, які працюють у домашніх господарствах, роботодавцями та самозайнятими особами (рис. 1.1) [13]. Наведена структура віддзеркалює зміни, які відбуваються у світовому виробництві товарів і послуг. Для України характерним є переважання у структурі ринку праці частки найманих працівників (рис. 1.2) [13].



Рис. 1.1. Світова структура ринку праці у 2020 році

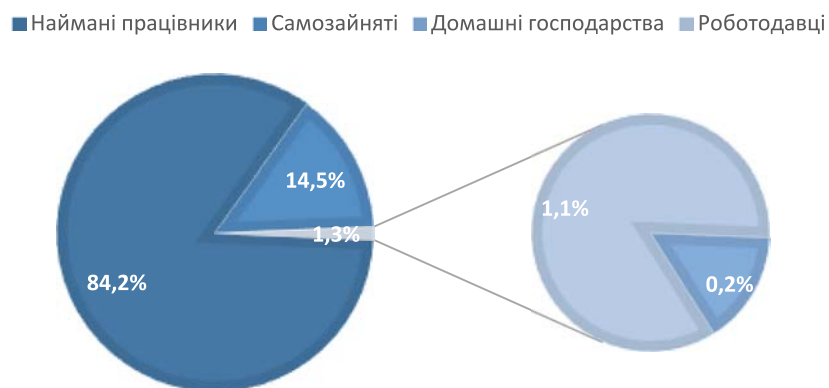


Рис. 1.2. Структура ринку праці України у 2020 році

Окреслимо основні тенденції трансформації світового та національного ринку праці, які сформувалися під впливом технологічних змін.

У цілому у світі відбулося скорочення частки зайнятих в агропромисловому секторі з 43,8% у 1991 р. до 27,4% у 2020 р., у виробництві з 21,9% до 21,7%, з одночасним збільшенням у сфері послуг з 34,3% до 50,9% [14].

В Україні на виробництво припадає 25,0% від загальної кількості зайнятих, 13,6% на сільське господарство, 61,4% на сферу послуг. За структурою зайнятості за сферами економічної діяльності Україна наближається до розвинутих країн, де переважає сфера послуг [14].



Рис. 1.3. Структура ринку праці за сферами економіки у 2020 році

За даними ресурсу DOU у 2019 р. в Україні кількість ІТ-фахівців досягла позначки 190 тис. осіб. Цифровий ринок у сфері інформаційних технологій характеризується трудонадлишковою кон'юнктурою, зокрема у листопаді 2019 р. на одну вакансію припадало від 1,2 до 23 заявок.

Цифрова форма зайнятості є найбільш просунутою та потребує постійної актуалізації знань і навичок, оскільки її суб'єкти конкурують у глобальному вимірі. Кожен другий розробник працює на умовах аутсорсингу. За експертними оцінками Україна посідає перше місце у світі в «ІТ-фрілансі» [15]. Значна частка розробників, які працюють на умовах аутсорсингу, з одного боку, обумовлена попитом закордонних продуктових ІТ-компаній. Це пояснюється диференціацією в оплаті праці між вітчизняними розробниками та розробниками з розвинутих країн. З іншого боку, на послуги ІТ-фахівців немає достатнього попиту на національному ринку праці та не вистачає робочих місць з гідними умовами праці.

Наша країна виступає в ролі країни-донора цифрових працівників у сфері ІТ. Останнє пов'язано з відставанням української економіки від розвинутих країн [16].

Важливо відзначити, що поняття цифровізації економіки в Україні принципово відрізняється від того, що наразі відбувається у світі. В Україні поняття “цифровізації” сконцентровано винятково на створенні нових видів послуг, що базуються на зборі та аналізі даних з різних фізичних об'єктів і не охоплює питання кардинальної зміни ситуації у виробничій системі, підходів до проектування, виробництва, збуту та експлуатації цих фізичних об'єктів [17].

Таким чином, проведений вище аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

технологічні зміни роблять значний вплив на ринок праці, рівень зайнятості і рівень безробіття населення. Спостерігається скорочення рівня зайнятості в агропромисловому секторі і промисловому виробництві з одночасним зростанням зайнятості у сфері послуг. При цьому глобальним трендом є зростання питомої ваги самозайнятих осіб та осіб, які працюють у домашніх господарствах. Цей тренд не є характерним для України. В Україні зберігається висока питома вага найманих працівників;

фактори цифровізації економіки та інновацій мають диференційований вплив на рівень зайнятості та безробіття у різних сферах. Так, до сфер, що формують високий рівень зайнятості висококваліфікованої робочої сили, відносяться machine-based цифрові технології, такі як робототехніка, інтернет речей і т.д. Окремі сфери цифрових галузей не призводять до значного зростання рівня зайнятості, однак впливають на скорочення працівників в традиційних галузях. Це потребує впровадження адекватної превентивної системи регулювання ринку праці, яка спрямована на зменшення дисбалансів на ринку праці і тривалості структурного безробіття, а також стимулювання нових форм зайнятості, оскільки загальна кількість робочих місць може скорочуватися;

особливістю розвитку цифрової економіки в Україні є її експортна спрямованість. Україна є донором цифрових працівників в силу низького попиту на послуги ІТ-сектора всередині країни і більш високого рівня розвитку країн-клієнтів, які проявляють інтерес до робочої сили з низьким рівнем оплати та високим рівнем кваліфікації. Така модель розвитку є вразливою через можливу політику протекціонізму та поступове вирівнювання цифрових навичок у країнах із ще нижчим, ніж в Україні рівнем оплати праці;

превенція і зниження тривалості структурного безробіття повинна передбачати ефективну адаптацію освітніх програм, як в блоці “hard skills”, так і в блоці “soft skills”, які спрямовані на посилення комунікативних навичок в кроскультурному менеджменті, формування навичок до безперервного навчання, «цифрової спритності», швидкого засвоєння та застосування нових технологій;

суттєві трансформаційні процеси у структурі ринку праці під впливом цифровізації та інновацій в Україні та у світі потребують розробки моделей оцінки тенденцій ринку праці України, які дозволяють визначити ті категорії професій, попит на які буде зростати або знижуватися, що дасть можливість сформулювати стратегію адаптації освітніх програм для підготовки кваліфікованих працівників.

1.2. Концептуальна схема дослідження

Запропонована концептуальна схема моделювання впливу процесів цифровізації на структуру зайнятості населення у розрізі видів економічної діяльності наведена на рис. 2.1 та включає три етапи дослідження: 1) комплексна оцінка зайнятості та продуктивності за стадіями цифрового розвитку; 2) оцінка впливу інвестицій в інноваційну діяльність на зайнятість населення України; 3) моделювання та прогнозування структури зайнятості за видами економічної діяльності.

Результатом реалізації цієї схеми є комплекс моделей, який включає: моделі класифікації країн Європи за рівнем розвитку цифрової економіки (M1); моделі бінарного вибору для оцінки позиції України серед країн Європи (M2); економетричну модель залежності чисельності зайнятих від фактора інвестицій в інновації (M3); моделі динаміки вакансій в сферах економічної діяльності (M4). Нижче наводиться стислий опис методів побудови запропонованого комплексу моделей.

Цільовою спрямованістю розробки першого комплексу моделей (M1) є оцінка впливу цифровізації та інноваційності економіки на рівень зайнятості та продуктивність, виявлення стадій інформаційного розвитку. Для розробки моделі M1 використовувались такі методи кластерного аналізу, як ієрархічні методи та метод «к-середніх». Ієрархічні методи кластерного аналізу є зручним інструментом візуалізації даних. Вони дозволяють визначити кількість кластерів, на яку необхідно розбити вихідну сукупність. Під час кластеризації застосовувався метод Уорда, що дає можливість отримати розбиття з мінімальним значенням такого функціоналу якості класифікації, як сумарна внутрішньокласова дисперсія. В якості метрики використовувалась Евклидова відстань. Метод «к-середніх» дозволяє отримати кластери, що не перетинаються, є зручним для обробки великих статистичних сукупностей. Вибір методів обумовлений наступними їх перевагами: простотою, гнучкістю, швидкою збіжністю [18-22].



Рис. 1.4. Концептуальна схема дослідження

Призначенням моделі M2 є ідентифікація стадії розвитку цифрової економіки України, визначення характерних рис зайнятості та продуктивності. Побудова моделі M2 здійснювалась за допомогою методів probit-, logit-аналізу. Слід зазначити, що для розв'язання задачі розпізнавання може бути

використане широке коло методів, таких як дискримінантний аналіз, нейромережеве моделювання, дерева класифікацій, SVM та ін. Вибір моделей бінарного вибору як інструменту дослідження обумовлений тим, що вони забезпечують хорошу якість розпізнавання за умов малих вибірок [23-25].

Цільова спрямованість моделі М3 полягає у оцінці впливу інноваційного сектора економіки України на рівень зайнятості. Для розробки моделі М3 використовувались методи економетричного моделювання [26-30]. Побудова економетричної моделі передбачає обґрунтування змінних для економетричного аналізу, обґрунтування виду залежності, побудову моделі (оцінювання параметрів моделі), оцінювання адекватності моделі.

Змістом моделей блоку М4 є прогнозування та аналіз структури вакансій за видами економічної діяльності. Для розробки моделей М4 використовуються моделі декомпозиції часових рядів, аналітичного вирівнювання тренду, спектральний аналіз, моделі з *dumpty*-змінними [31-32]. Вибір методів зумовлений результатами попереднього аналізу вихідних рядів, а також найкращими значеннями критеріїв якості прогнозів, які отримані на підставі альтернативних варіантів моделі. Більш детально кількісні метрики якості прогнозів наведені в [33-35].

Таким чином, реалізація запропонованої вище концептуальної схеми дозволить визначити вплив поточної стадії розвитку цифрової економіки України на зайнятість й продуктивність, визначити вплив інвестицій в інновації на рівень зайнятості, виявити динаміку попиту на робочу силу у тих чи інших галузях. Запропоновані моделі можуть бути використані як інструмент підтримки прийняття рішень для адаптації політики у сфері зайнятості та превентивної адаптації освітніх програм для підготовки кваліфікованих працівників.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ КЛАСИФІКАЦІЇ КРАЇН ЗА РІВНЕМ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗАЙНЯТОСТІ

2.1. Моделі групування країн методами кластерного аналізу

Відповідно до запропонованої на рис. 1.4 концептуальної схеми на першому етапі дослідження здійснювалась оцінка впливу рівня цифровізації та інноваційності економіки на зайнятість та продуктивність.

Задля комплексної оцінки зайнятості та продуктивності за стадіями цифрового розвитку використаємо показники ВВП на душу населення (GDP per capita), рівень зайнятості населення (Employment to population ratio (%)), індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ICT Development Index), глобальний інноваційний індекс (Global Innovation Index) та індекс глобальної конкурентоспроможності (Global Competitiveness Index). Вихідні дані наведено у табл. 2.1. Дані взяті з офіційних джерел [36-39].

Таблиця 2.1

Показники рівня цифровізації та інноваційного розвитку країн

№	Країна	GDP per capita	ICT Development Index	Global Innovation Index	Global Competitiveness Index	Employment to population ratio (%)
1	Albania	5246,3	5,14	28	57,6	53
2	Austria	48586,8	8,02	50,9	76,6	56
3	Belarus	6424,2	7,55	32,6	56	60
4	Belgium	45159,3	7,81	49,2	76,4	50
5	Bosnia and Herzegovina	6079,7	5,39	29,6	54,7	38
6	Bulgaria	10079,2	6,86	42,4	64,9	52
7	Croatia	14134,2	7,24	37,3	61,9	48
8	Cyprus	26623,8	7,77	46,7	66,4	59
9	Czech Republic	22932,2	7,16	49	70,9	58
10	Denmark	61063,3	8,71	57,3	81,2	58
11	Estonia	23027	8,14	49,9	70,9	59

Закінчення табл. 2.1

№	Країна	GDP per capita*	ICT Development Index	Global Innovation Index	Global Competitiveness Index	Employment to population ratio (%)
12	Finland	48773,3	7,88	58,4	80,2	55
13	France	39030,4	8,24	55	78,8	49
14	Germany	46208,4	8,39	57,3	81,8	58
15	Greece	17622,5	7,23	36,3	62,6	43
16	Hungary	15980,7	6,93	42,7	65,1	54
17	Iceland	59270,2	8,98	51,8	74,7	69
18	Ireland	85267,8	8,02	50,7	75,1	58
19	Italy	31714,2	7,04	45,7	71,5	44
20	Latvia	17726,3	7,26	40	67	57
21	Luxembourg	116014,6	8,47	49	77	56
22	Moldova	4547,1	6,45	32,3	56,7	38
23	Netherlands	52397,1	8,49	58,6	82,4	61
24	Norway	67389,9	8,47	50,4	78,1	61
25	Poland	15721	6,89	39,9	68,9	55
26	Romania	12896,1	6,48	35,6	64,4	52
27	Russian Federation	10126,7	7,07	36,6	66,7	58
28	Slovak Republic	19266,5	7,06	40,2	66,8	55
29	Slovenia	25517,3	7,38	44,1	70,2	54
30	Spain	27063,2	7,79	45,4	75,3	47
31	Sweden	52274,4	8,41	63,1	81,2	59
32	Switzerland	87097	8,74	65,5	82,3	64
33	Turkey	8536,4	6,08	38,3	62,1	43
34	United Kingdom	41124,5	8,65	59,8	81,2	60

*Умовні позначення: GDP per capita - ВВП на душу населення; ICT Development Index - індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій; Global Innovation Index - глобальний інноваційний індекс; Global Competitiveness Index - глобальний індекс конкурентоспроможності; Employment to population ratio (%) - рівень зайнятості населення.

Здійснимо кластеризацію країн за основними показниками рівня розвитку цифрової економіки на підставі методу k-середніх. Необхідно скористатися візуалізацією відстаней між об'єктами у вигляді графіка «кам'янистого осипу» для визначення кількості кластерів даних (рис. 2.1). Для обробки даних використовується R.

$$kl \leftarrow (nrow(stat_dipl)-1)*sum(apply(stat_dipl,2,var)) \quad (2.1)$$

$$for (i in 2:15) kl[i] \leftarrow sum(kmeans(stat_dipl, centers=i)\$withinss) \quad (2.2)$$

$$plot(1:15, kl, type="b", xlab="Число кластеров", ylab="Сумма квадратов расстояний внутри кластеров") \quad (2.3)$$

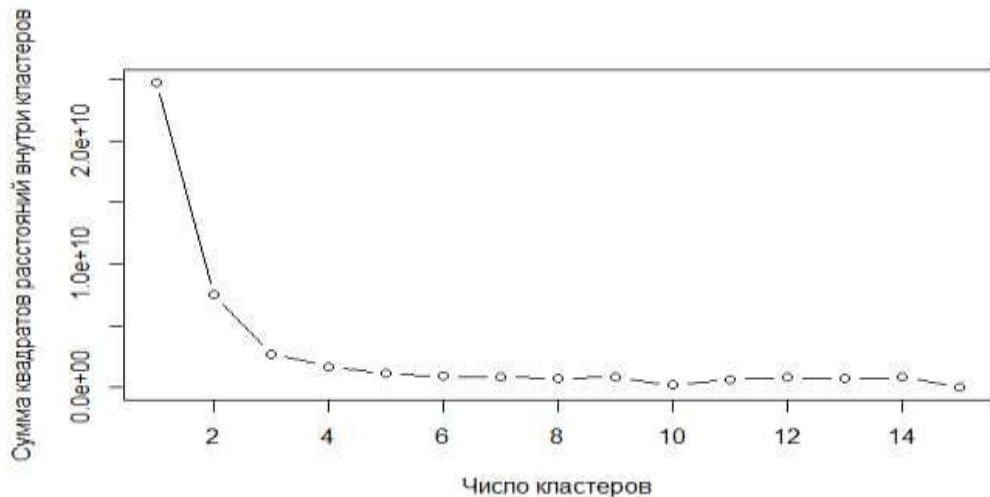


Рис. 2.1. Графік кам'янистого осипу

Оптимальна кількість кластерів відповідає точці перегину графіка. Слід розбити вхідну сукупність на два або три кластери.

Для початку виконаємо кластерний аналіз методом k-середніх для 2 кластерів за допомогою функції `kmeans` та визначимо середні значення всіх аналізованих параметрів у кожному з кластерів (рис. 2.2):

$$K2 \leftarrow kmeans(stat_dipl, 2) \quad (2.4)$$

$$aggregate(stat_dipl, by=list(K2\$cluster), FUN=mean) \quad (2.5)$$

	Group.1	GDP_per_cap	ICT	GII	GCI	Emp_ratio
1	1	15475.79	6.882381	39.4381	64.64762	51.19048
2	2	60689.79	8.377143	55.5000	79.07143	58.14286

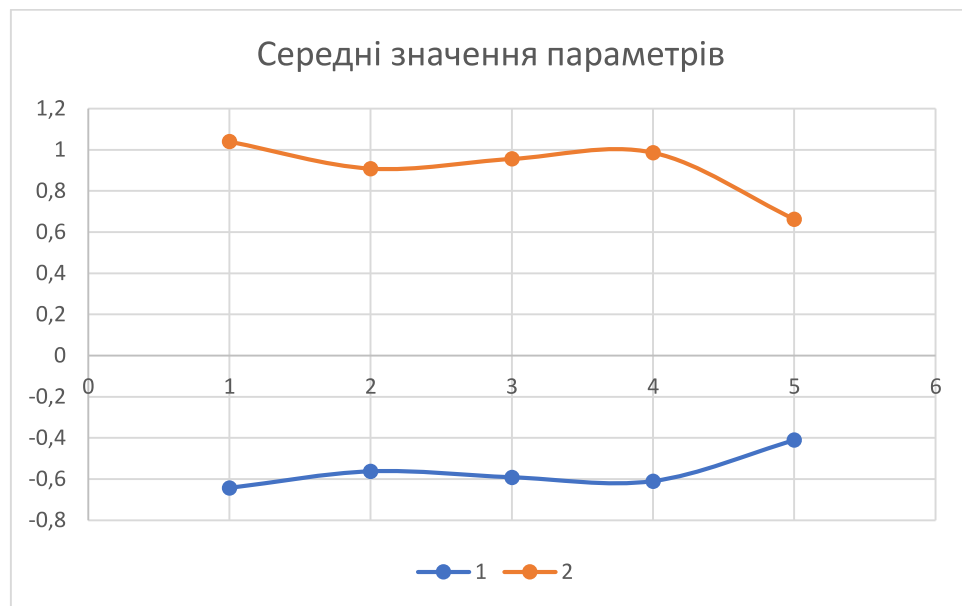


Рис. 2.2. Середні значення параметрів за кластерами

З отриманої таблиці різницю між записами у різних кластерах очевидно. Тепер надамо номери кластерів кожному із записів вихідного набору даних.

Задля візуалізації спочатку побудуємо графіки парного співвідношення 5-ти параметрів, за якими виконано поділ на кластери. Приналежність до кластерів на графіку відображена кольором крапок, сніжинками - центри кластерів (рис. 2.3).

(2.6)

(2.7)

(2.8)

(2.9)

(2.10)

(2.11)

(2.12)

(2.13)

(2.14)

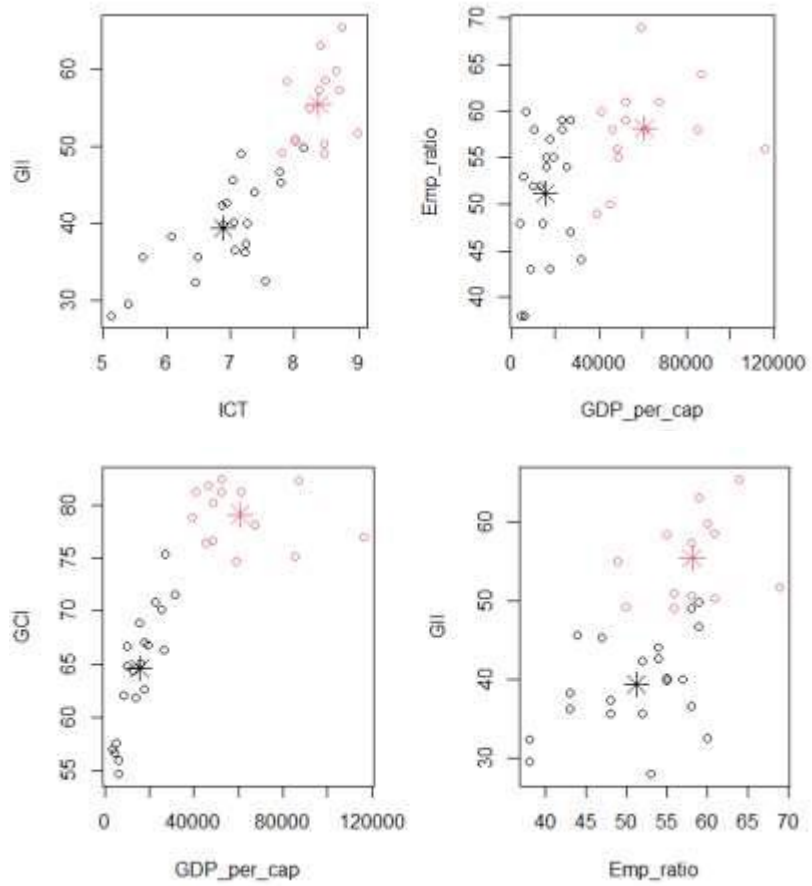


Рис. 2.3. Графіки парного співвідношення досліджуваних параметрів

clusplot(stat_dipl, K2\$cluster, color=TRUE, shade=TRUE, labels=2, lines=0) (2.15)

Області кластерів наведено на рис. 2.4.

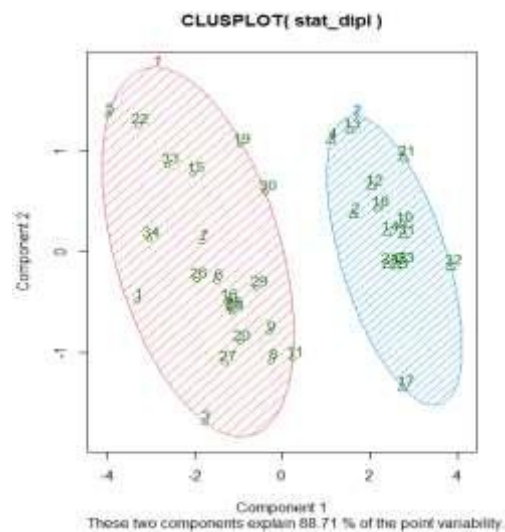


Рис. 2.4. Графік областей кластерів

Поділ на два кластери пояснює 88,71% дисперсії всіх вихідних даних, що є високим результатом.

За результатами кластеризації бачимо наступний поділ країн (табл. 2.2). Більш значним за структурою є перший кластер, який характеризується нижчими показниками рівня розвитку цифрової економіки.

Таблиця 2.2

Розподіл країн за кластерами

Cluster1	Cluster2
Albania	Austria
Belarus	Belgium
Bosnia and Herzegovina	Denmark
Bulgaria	Finland
Croatia	France
Cyprus	Germany
Czech Republic	Iceland
Estonia	Ireland
Greece	Luxembourg
Hungary	Netherlands
Italy	Norway
Latvia	Sweden
Moldova	Switzerland
Poland	United Kingdom
Romania	
Russian Federation	
Slovak Republic	
Slovenia	
Spain	
Turkey	

Далі виконаємо кластерний аналіз методом k-середніх для 3-х кластерів за допомогою функції `kmeans` та визначимо середні значення всіх аналізованих показників у кожному з кластерів (рис. 2.5).

$$K2 \leftarrow kmeans(stat_dipl, 3) \quad (2.16)$$

$$aggregate(stat_dipl, by=list(K2\$cluster), FUN=mean) \quad (2.17)$$

Group.1	GDP_per_cap	ICT	GII	GCI	Emp_ratio	
1	1	96126.47	8.410000	55.06667	78.13333	59.33333
2	2	51025.24	8.368182	55.61818	79.32727	57.81818
3	3	16063.23	6.945500	39.63000	65.03000	51.35000

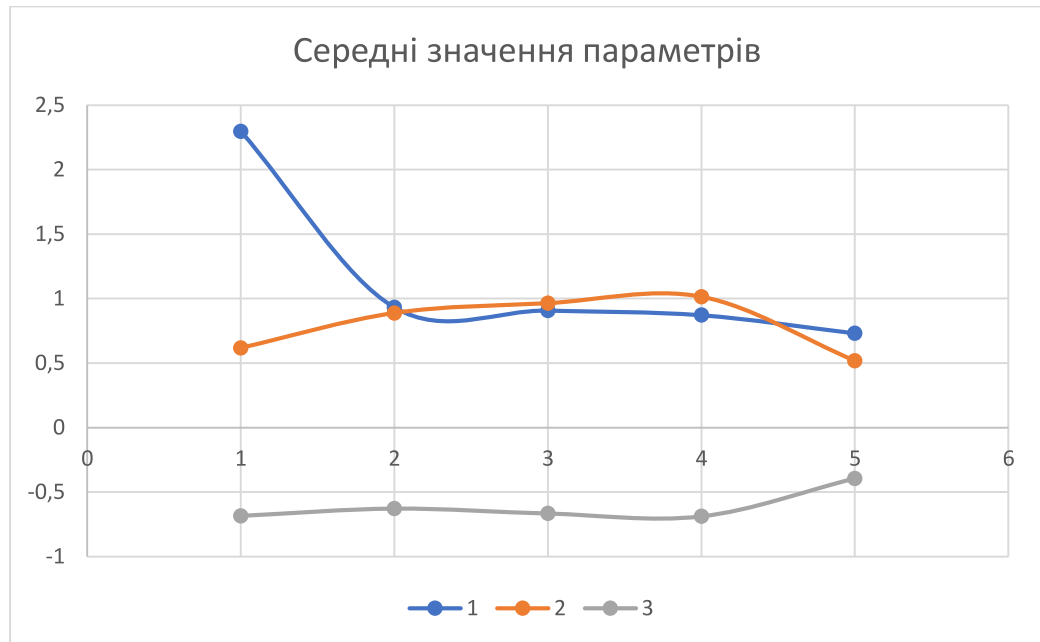


Рис. 2.5. Середні значення параметрів за кластерами

З отриманої таблиці різницю між записами у різних кластерах очевидно. Третій кластер характеризується низьким рівнем розвитку цифрової економіки, низьким рівнем результативності інноваційної діяльності, конкурентоспроможності, низьким рівнем продуктивності та зайнятості населення, тобто це кластер країн, які знаходяться на першій стадії інформаційного розвитку. Друга стадія цифрового розвитку (кластер 2) призводить до значного зростання зайнятості населення, однак рівень продуктивності є середнім. Третя стадія цифрового розвитку (кластер 1) проявляється в основному у збільшенні продуктивності, до суттєвого зростання зайнятості вона не призводить.

Візуалізувати результати кластерного аналізу допоможе графік областей кластерів (рис. 2.6).

$$\text{clusplot}(\text{stat_dipl}, K2\$cluster, \text{color}=\text{TRUE}, \text{shade}=\text{TRUE}, \text{labels}=2, \text{lines}=0) \quad (2.18)$$

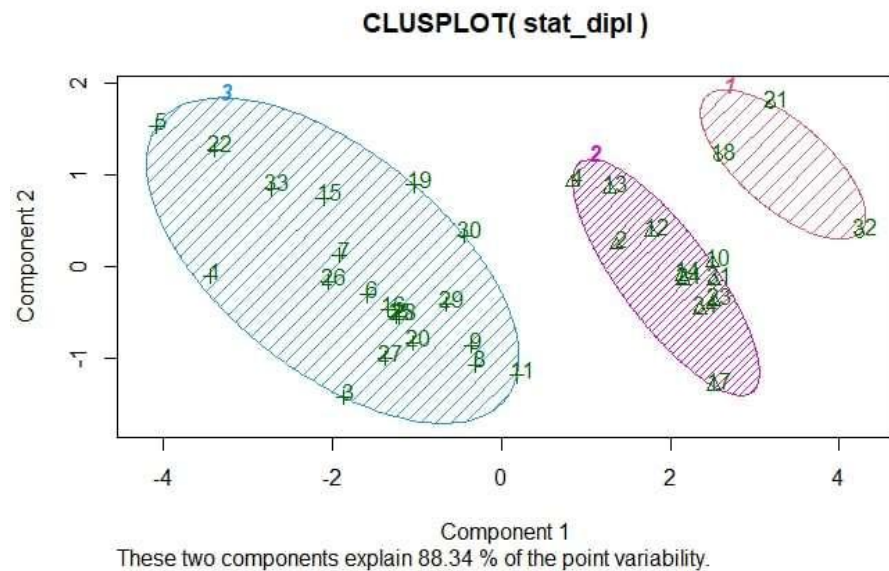


Рис. 2.6. Графік областей кластерів

Порівняння двох побудованих моделей класифікації показало, що розподіл даних на три кластера є більш ефективним.

Проведемо кластеризацію також ієрархічним методом, щоб визначити стійкість кластерів.

Необхідно провести шкалювання та центрування для стандартизації даних.

$$stand_dipl = scale(stat_dipl) \quad (2.19)$$

Кластеризація проводиться методами повного зв'язку, одинарного приєднання, середнього приєднання, методом Уорда (рис. 2.7).

$$k.complete <- hclust(dist(stand_dipl), method = "complete") \quad (2.20)$$

$$k.single <- hclust(dist(stand_dipl), method = "single") \quad (2.21)$$

$$k.average <- hclust(dist(stand_dipl), method = "average") \quad (2.22)$$

$$k.Ward <- hclust(dist(stand_dipl), method = "ward.D2") \quad (2.23)$$

За отриманими методами збудуємо дендрограми для візуального аналізу результатів.

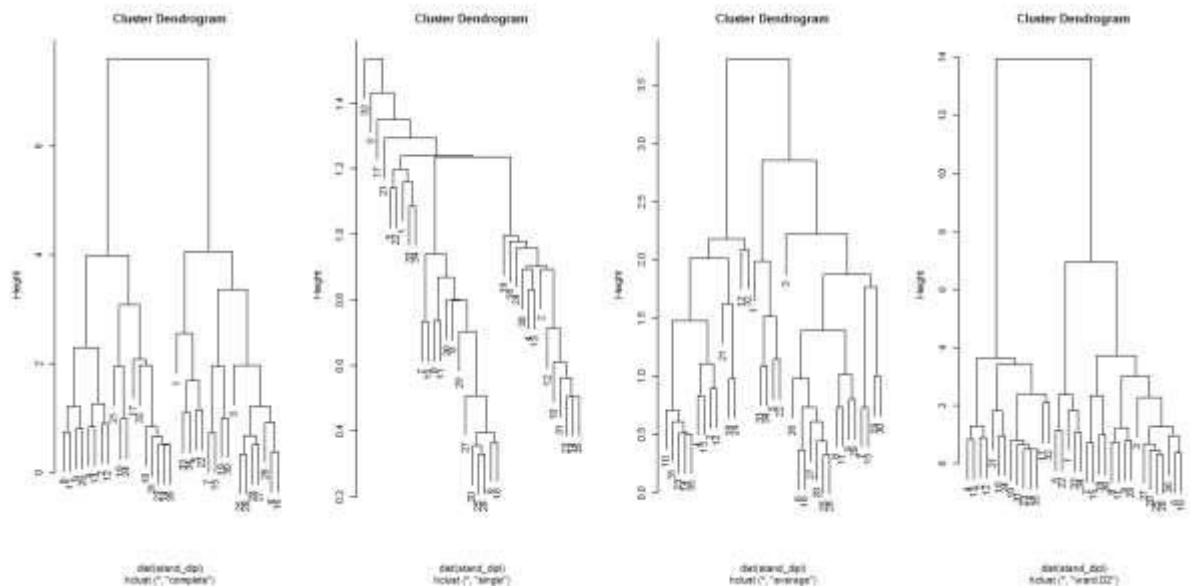


Рис. 2.7. Дендрограми результатів ієрархічної кластеризації

Дендрограми за всіма методами поділяють дані на два кластери та, згідно з результатами ієрархічної кластеризації, більшість країн не змінюють своєї позиції.

Кластеризація методами k-середніх та ієрархічним показала практично ідентичні результати. Винятком є Словенія, Естонія, Чехія, Кіпр, які за результатами ієрархічної кластеризації перейшли до другого кластеру.

Отримані результати свідчать про нерівномірність цифрового розвитку країн Європи, зокрема, країн ЄС. Найчисленнішим є кластер з низьким рівнем розвитку цифрової економіки, у той час як у перший кластер потрапили Ірландія, Люксембург та Швейцарія - країни з найвищим показником ВВП на душу населення. До кластеру з достатньо високим рівнем розвитку цифрової економіки, але середньою продуктивністю відносяться: Австрія, Франція, Німеччина, Фінляндія, Швеція, Норвегія, Нідерланди, Бельгія, Данія. Також слід зазначити значний розрив між країнами другого та третього кластерів. Невипадково програма Digital Europe спрямована на формування цілісного цифрового простору країн ЄС для досягнення високого рівня цифрової безпеки та сталого розвитку.

2.2. Моделі ідентифікації класу країни на основі логіт- та пробіт-аналізу

Наступним кроком дослідження (рис. 1.4) є оцінка рівня цифрового розвитку України та визначення кластеру на підставі моделей бінарного вибору.

Оскільки ми маємо три кластери, то оцінку положення України методами логіт- та пробіт- моделювання необхідно проводити у два етапи. Спочатку розподілимо країни на групи: група с кодом “0” - перший кластер, група с кодом “1” - другий та третій кластери.

Результати побудови логіт-моделі наведені на рис. 2.8:

$$\begin{aligned} & \text{model_logit1} <- \text{glm}(\text{data}=\text{stat_dipl_logit1}, \\ & y \sim \text{GDP_per_cap} + \text{ICT} + \text{GII} + \text{GCI} + \text{Emp_ratio}, \text{family}=\text{binomial}(\text{link} = \\ & \text{"logit"})) \end{aligned} \quad (2.24)$$

```
> summary(model_logit1)

Call:
glm(formula = y ~ GDP_per_cap + ICT + GII + GCI + Emp_ratio,
     family = binomial(link = "logit"), data = stat_dipl_logit1)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.129e-05  2.110e-08  2.110e-08  2.110e-08  1.238e-05

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.976e+02  6.859e+05  0.000    1
GDP_per_cap -1.469e-03  2.622e+00 -0.001    1
ICT          2.134e+01  2.430e+05  0.000    1
GII         -2.652e+00  1.208e+04  0.000    1
GCI          3.930e+00  2.518e+04  0.000    1
Emp_ratio   -5.600e-01  2.090e+04  0.000    1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 2.0294e+01  on 33  degrees of freedom
Residual deviance: 5.4626e-10  on 28  degrees of freedom
AIC: 12

Number of Fisher Scoring iterations: 25
```

Рис. 2.8. Результати оцінювання логіт-моделі для першої стадії цифрового розвитку

За допомогою logit-моделі оцінимо ймовірність відношення України до групи 1. Значення індикаторів наведені на рис. 2.9. Дані взяті з офіційних джерел [26-27].

	GDP_per_cap	ICT	GII	GCI	Emp_ratio
1	3726.9	5.62	35.6	57	48

Рис. 2.9. Показники цифрового розвитку України

Результати ідентифікації кластеру України наведені на рис. 2.10.

```
> augment(model_logit1, newdata = ukraine, type.predict = "response")
# A tibble: 1 x 6
  GDP_per_cap ICT    GII    GCI Emp_ratio .fitted
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1    3727.  5.62  35.6   57    48    1.00
```

Рис. 2.10. Результати ідентифікації кластеру для України

Таким чином, можемо зробити висновок, що ймовірність віднесення України до групи с кодом «1», а саме до кластера 2 або 3, є близькою до 100%.

Оскільки, за результатами першого кроку моделювання, Україна відноситься до одного з двох кластерів, то необхідно конкретизувати, до якого саме. Тепер здійснимо розподіл між другим і третім кластером. Результати побудови Logit-моделі наведені на рис. 2.11.

```
> summary(model_logit2)

Call:
glm(formula = y ~ GDP_per_cap + ICT + GII + GCI + Emp_ratio,
     family = binomial(link = "logit"), data = stat_dipl_logit2)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.509e-05 -2.110e-08  2.110e-08  2.110e-08  1.535e-05

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  2.145e+02  2.895e+06     0       1
GDP_per_cap  -2.473e-03  1.408e+01     0       1
ICT          -2.336e+01  6.751e+05     0       1
GII          -1.134e+00  1.731e+04     0       1
GCI           9.694e-01  7.471e+04     0       1
Emp_ratio     7.676e-01  4.997e+04     0       1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 4.0324e+01  on 30  degrees of freedom
Residual deviance: 9.6604e-10  on 25  degrees of freedom
AIC: 12

Number of Fisher Scoring iterations: 25
```

Рис. 2.11. Результати оцінювання logit-моделі для другої стадії цифрового розвитку

Результати розпізнавання наведені на рис. 2.12.

```
> augment(model_logit2, newdata = Ukraine, type.predict = "response")
# A tibble: 1 x 6
  GDP_per_cap ICT    GII    GCI Emp_ratio .fitted
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 3727. 5.62 35.6 57 48 1
```

Рис. 2.12. Результати ідентифікації кластеру для України

За результатами прогнозування Україна з імовірністю, близькою до 100%, відноситься до третього кластеру, тобто до країн з низьким рівнем розвитку цифрової економіки (перша стадія розвитку). Побудова probit-моделі була здійснена аналогічно.

Результати побудови probit-моделі. Маємо наступний розподіл на групи для можливості бінарного вибору: група с кодом "0" - перший кластер, група с кодом "1" - другий та третій кластери разом.

Результати першого кроку побудови probit-моделі (рис. 2.13):

$$\text{model_probit1} <- \text{glm}(y \sim \text{GDP_per_cap} + \text{ICT} + \text{GII} + \text{GCI} + \text{Emp_ratio}, \quad (2.25) \\ \text{data}=\text{stat_dipl_logit1}, \text{family}=\text{binomial}(\text{link} = \text{"probit"}))$$

```
> summary(model_probit1)

Call:
glm(formula = y ~ GDP_per_cap + ICT + GII + GCI + Emp_ratio,
     family = binomial(link = "probit"), data = stat_dipl_logit1)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-9.928e-06  2.110e-08  2.110e-08  2.110e-08  1.074e-05

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -5.473e+01  1.339e+05  0.000    1.000
GDP_per_cap -4.046e-04  4.908e-01 -0.001    0.999
ICT          6.001e+00  6.708e+04  0.000    1.000
GII         -7.372e-01  2.469e+03  0.000    1.000
GCI          1.091e+00  5.550e+03  0.000    1.000
Emp_ratio   -1.717e-01  5.787e+03  0.000    1.000

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 2.0294e+01  on 33  degrees of freedom
Residual deviance: 3.6919e-10  on 28  degrees of freedom
AIC: 12

Number of Fisher Scoring iterations: 25
```

Рис. 2.13. Характеристики probit-моделі

Розробимо прогноз (рис. 2.14):

```
> augment(model_probit1, newdata = Ukraine, type.predict = "response")
# A tibble: 1 x 6
  GDP_per_cap ICT GII GCI Emp_ratio .fitted
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 3727. 5.62 35.6 57 48 1.00
```

Рис. 2.14. Результати розпізнавання

Таким чином, probit-модель показала результат подібний до першого кроку logit-моделювання. Можемо зробити висновок, що ймовірність відношення України до групи с кодом "1", а саме до кластера 2 або 3, є близькою до 100%.

Другий етап probit-моделі передбачає вибір між кластерами 2 та 3. Група 1 - третій кластер, група 2 - другий. Результати моделювання (рис. 2.15):

$$\text{model_probit2} <- \text{glm}(y \sim \text{GDP_per_cap} + \text{ICT} + \text{GII} + \text{GCI} + \text{Emp_ratio}, \quad (2.26)$$

$$\text{data}=\text{stat_dipl_logit2}, \text{family}=\text{binomial}(\text{link} = \text{"probit"}))$$

```
> summary(model_probit2)

Call:
glm(formula = y ~ GDP_per_cap + ICT + GII + GCI + Emp_ratio,
    family = binomial(link = "probit"), data = stat_dipl_logit2)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.324e-05 -2.110e-08  2.110e-08  2.110e-08  1.332e-05

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.275e+01  5.006e+05     0       1
GDP_per_cap -6.729e-04  2.408e+00     0       1
ICT          -5.877e+00  1.168e+05     0       1
GII          -3.269e-01  3.055e+03     0       1
GCI           1.996e-01  1.299e+04     0       1
Emp_ratio    1.594e-01  8.542e+03     0       1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 4.0324e+01  on 30  degrees of freedom
Residual deviance: 7.0934e-10  on 25  degrees of freedom
AIC: 12

Number of Fisher scoring iterations: 25
```

Рис. 2.15. Характеристики другого етапу probit-моделі

Розробимо прогноз (рис. 2.16):

```
> augment(model_probit2, newdata = Ukraine, type.predict = "response")
# A tibble: 1 x 6
  GDP_per_cap ICT GII GCI Emp_ratio .fitted
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 3727. 5.62 35.6 57 48 1
```

Рис. 2.16. Результати бінарного вибору на другому етапі

За результатами прогнозування Україна з імовірністю, близькою до 100%, відноситься до третього кластеру, тобто до країн з низьким рівнем розвитку цифрової економіки.

Результати logit- та probit- моделей показали однаковий результат. Тож, можемо зробити висновок про віднесення України до третього кластеру, що свідчить про значний потенціал зростання рівня зайнятості та продуктивності внаслідок розвитку machine-based цифрових технологій, таких як робототехніка, інтернет речей, 3D друк і т.д.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ЗАЙНЯТОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

3.1. Розробка моделі оцінки інвестицій в інноваційний розвиток на рівень зайнятості в Україні

На другому етапі дослідження (рис. 1.4) здійснювалась оцінка інвестицій в інноваційний розвиток на зайнятість в Україні. Побудуємо регресійну модель для визначення наявності та ступеню впливу інноваційної діяльності на зайнятість населення. Дані для побудови моделі було взято з офіційних джерел за період з 2000 по 2021 роки (табл. 3.1) [40].

Таблиця 3.1

Показники витрат на інноваційну діяльність та зайнятості населення
України за 2000-2021 роки

Рік	Витрати на інновації	Усього зайнято
2000	1760,1	20175
2001	1979,4	19971,5
2002	3018,3	20091,2
2003	3059,8	20163,3
2004	4534,6	20295,7
2005	5751,6	20680
2006	6160	20730,4
2007	10821,0	20904,7
2008	11994,2	20972,3
2009	7949,9	20191,5
2010	8045,5	20266
2011	14333,9	20324,2
2012	11480,6	20354,3
2013	9562,6	19261,4
2014	7695,9	19314,2
2015	13813,7	18073,3

Рік	Витрати на інновації	Усього зайнято
2016	23229,5	16443,2
2017	9117,5	16276,9
2018	12180,1	16156,4
2019	25027,9	16360,9
2020	24178,8	16578,3
2021	23329,6	15915,3

Побудуємо модель залежності зайнятості населення від загального обсягу витрат на інноваційну діяльність. Параметри регресійної моделі наведені на рис. 3.1.

$$model1 = lm(employed \sim `innovation cost`) \quad (3.1)$$

model1	list [12] (S3: lm)	List of length 12
coefficients	double [2]	21058.594 -0.183
(Intercept)	double [1]	21058.59
`innovation cost`	double [1]	-0.1831991

Рис. 3.1. Результати побудови регресійної моделі

Критерії якості моделі наведені на рис. 3.2.

```
> summary(model1)

Call:
lm(formula = employed ~ `innovation cost`)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3111.38  -444.59   -81.68    679.77   2111.03

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.106e+04  5.104e+02  41.263 < 2e-16 ***
`innovation cost` -1.832e-01  3.929e-02  -4.662  0.00015 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1312 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5208,    Adjusted R-squared:  0.4968
F-statistic: 21.74 on 1 and 20 DF,  p-value: 0.00015
```

Рис. 3.2. Критерії якості регресійної моделі

Як бачимо за коефіцієнтом детермінації, фактор інновацій не є достатнім для пояснення варіації рівня зайнятості, хоча зв'язок між фактором інновацій і рівнем зайнятості є суттєвим. Так, $R^2=0,52$, тобто 52% варіації зайнятості пояснюється зміною фактора інновацій. Однак, на фактори, що не були включені у модель, приходиться відповідно 48%. За критерієм Стьюдента можемо зробити висновок про те, що фактор витрат на інноваційну діяльність має значний вплив на результуючий показник. Додаткові критерії якості моделі наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Критерії якості моделі

Критерії якості прогнозу / Модель	Зайнятість
Середня абсолютна похибка	913,08
Середньоквадратична похибка	1250,56
Середньовідсоткова похибка	-0,46
Середня абсолютна процентна похибка	4,89
Коефіцієнт кореляції	0,7

Оскільки модель використовувалась тільки для аналізу, її подальше коригування не проводилось. Отже, на основі оцінювання та аналізу економетричної моделі можна зробити висновок, що фактор інновацій, на жаль, на даний час, не формує позитивного тренду в динаміці зайнятості, тобто швидкість розвитку інноваційних секторів в економіці є повільною і зростання вакансій в інноваційних секторах не перекриває спад попиту на робочу силу в традиційних галузях.

3.2. Розробка економетричних моделей динаміки

На третьому етапі дослідження (рис. 1.4) здійснювалося моделювання кількості вакансій за сферами економічної діяльності. Для дослідження були обрані наступні сфери: сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство; промисловість; транспорт, складське господарство, поштова та

кур'єрська діяльність; тимчасове розміщення й організація харчування; інформація та телекомунікації; фінансова та страхова діяльність; освіта (табл. 3.3). Дані представлені у поквартальному розрізі та містять періодичну складову, тому для аналізу використані методи моделювання з урахуванням періодичної складової часового ряду за допомогою dummy-змінних та спектрального аналізу. Обробка даних здійснювалась в Statistica. Дані було взято з офіційних джерел [40].

Таблиця 3.3

Показники вакансій за видами економічної діяльності

Рік	Кв	Сільське госп., лісове госп. та рибне госп.	Промис- -ловість	Транспорт, складське госп., поштова та кур'єрська діяльність	Тимчасове розміщ. й організація харчування	Інформація та теле- комунікаці ї	Фінансов а та страхова діяльність	Освіта
1	1	12,7	16,9	5	1,8	0,5	0,6	2,1
	2	5,9	22,2	6,6	2,8	0,7	1,2	2,7
	3	4,1	25,7	6,6	2,2	1,1	1,6	5,7
	4	2,3	11,5	4,1	1,3	0,5	0,7	2,1
2	1	15	14,5	4,9	1,3	0,5	0,7	2
	2	3,7	14,5	4,7	1,3	0,5	0,7	1,6
	3	2,7	15,5	4,5	1,2	0,5	0,7	3,6
	4	1,6	9	3,8	0,7	0,4	0,6	1,5
3	1	14,8	11,7	4,1	1,3	0,4	0,7	1,6
	2	3,4	11,7	3,8	1,3	0,4	0,5	1,6
	3	2	11,4	3,5	1,3	0,3	0,4	3,1
	4	1,2	6,5	2,8	0,8	0,3	0,2	1,4
4	1	14,3	10,4	3,8	1,3	0,4	0,3	1,8
	2	3,3	11	3,9	1,5	0,4	0,4	2
	3	2,4	15,7	4,8	1,8	0,6	0,6	4,4
	4	1,5	10	3,8	0,9	0,4	0,5	2
5	1	16,3	17,4	5,3	2,6	0,7	0,6	2,1
	2	4,4	18,9	6,6	2,5	0,7	0,9	2,2
	3	3,2	22,9	6,7	2,2	0,8	0,7	4,7
	4	2,2	15,1	5,4	1,4	0,4	0,5	2,7
6	1	21,3	24,3	8,3	2,4	0,6	0,8	3,3
	2	5,4	25,5	8,9	2,6	0,7	0,8	3,5
	3	4,5	29,5	9,2	3,0	1,0	1,0	7,2
	4	2,5	17,5	6,3	1,7	0,6	0,6	3,7
7	1	19,5	24,5	10,2	2,6	1,2	0,8	4,8
	2	6,0	26,9	10,9	2,8	1,1	0,9	5,4
	3	5,1	30,2	10,5	2,7	0,8	0,9	9,0
	4	4,5	17,6	7,7	1,8	1,2	0,6	5,4

Дані кількості вакансій у сфері сільського господарства мають наступний графічний вид (рис. 3.3):

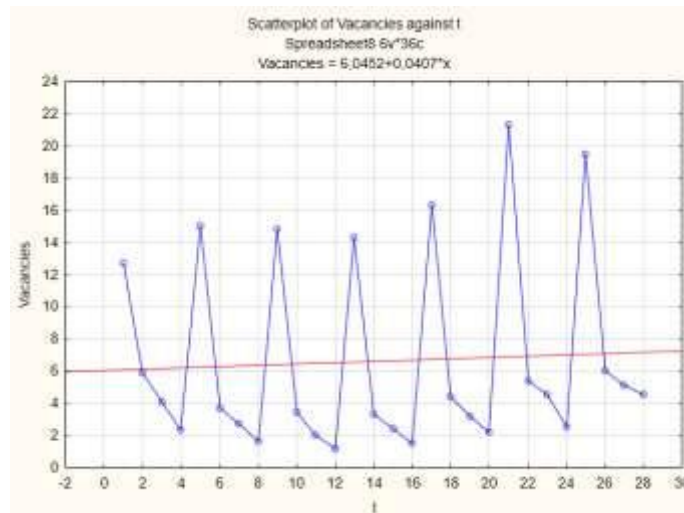


Рис. 3.3. Динаміка вакансій у сфері сільського господарства

За наведеним графіком часовий ряд має слабо висхідний тренд. Оскільки побудована комбінована модель з урахуванням трендової та періодичної складової виявилася досить низької якості, то було проведено моделювання періодичної складової часового ряду за допомогою думпу-змінних (рис. 3.4-3.5).

Regression Summary for Dependent Variable: Vacancies (Spreadsheet11)						
R= ,97306743 R ² = ,94686023 Adjusted R ² = ,93761853						
F(4,23)=102,46 p<,00000 Std.Error of estimate: 1,4934						
N=28	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(23)	p-value
Intercept			0,24286	0,798235	0,30424	0,763679
t	0,173202	0,048534	0,12589	0,035277	3,56866	0,001630
d1	1,061405	0,059385	14,39196	0,805220	17,87334	0,000000
d2	0,190301	0,059099	2,58036	0,801347	3,22003	0,003793
d3	0,095677	0,058927	1,29732	0,799014	1,62365	0,118077

Рис. 3.4. Результати регресійного аналізу

Analysis of Variance; DV: Vacancies (Spreadsheet11)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	913,9514	4	228,4879	102,4552	0,000000
Residual	51,2929	23	2,2301		
Total	965,2443				

Рис. 3.5. Таблиця дисперсійного аналізу

Результати порівняльного аналізу фактичних та розрахункових значень, які наведені на рис. 3.6, дозволяють зробити висновок про високу точність апроксимації та можливість застосування моделі для прогнозування.

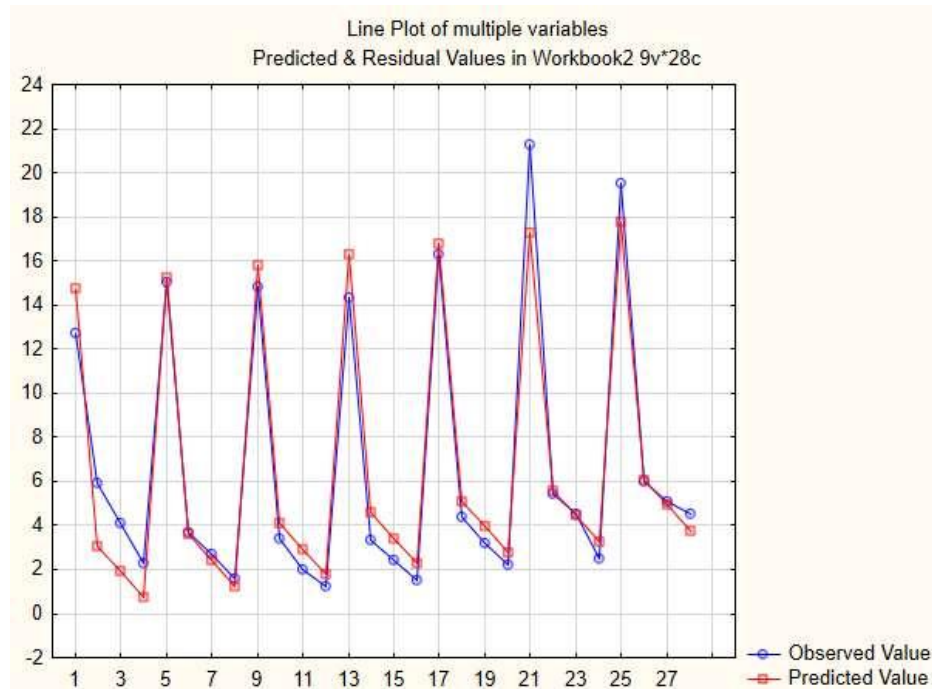


Рис. 3.6. Графік розрахункових та фактичних значень

Далі проведемо аналіз кількості вакансій у сфері промисловості. Параметри нелінійної моделі тренда наведені на рис. 3.7.

Model is: $v_4 = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3$ (Spreadsheet39)						
Dep. Var. : Vacancies_prom						
Level of confidence: 95.0% (alpha=0.050)						
	Estimate	Standard error	t-value df = 24	p-value	Lo. Conf Limit	Up. Conf Limit
a0	27,77407	3,743734	7,41881	0,000000	20,04738	35,50075
a1	-4,21365	1,098448	-3,83600	0,000797	-6,48073	-1,94656
a2	0,30743	0,087200	3,52559	0,001729	0,12746	0,48740
a3	-0,00576	0,001979	-2,91250	0,007632	-0,00985	-0,00168

Рис. 3.7. Результати оцінювання нелінійної моделі тренду

Після виключення трендової складової з рівнів ряду проводилася оцінка залишкової компоненти за допомогою спектрального аналізу. Для цього побудуємо періодограми часового ряду (рис. 3.8).

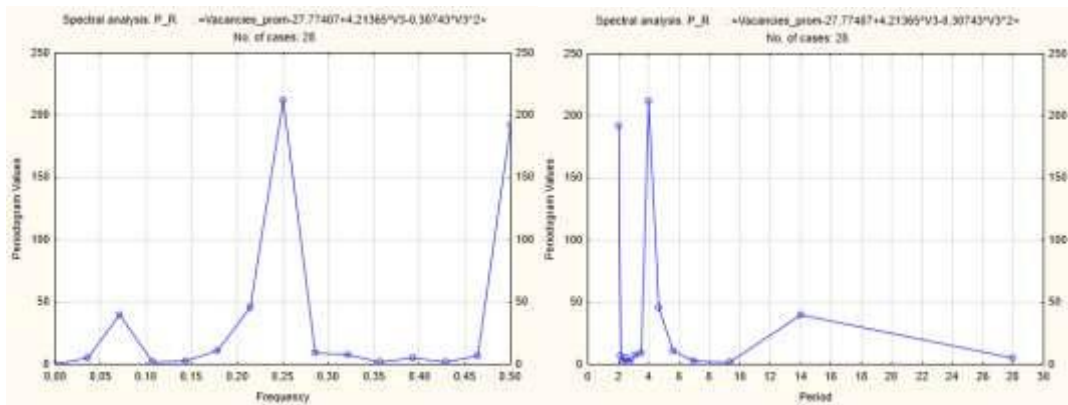


Рис. 3.8. Періодограми часового ряду

Як видно з рисунка, часовий ряд має періодичну складову з періодом коливань, що дорівнює 4 кварталам. Періодограма для цього значення має гострий пік. Цьому періоду відповідає частота, яка дорівнює 0.25.

Результати спектрального аналізу наведені на рис. 3.9.

Spectral analysis P_R : =Vacancies_prom-27,77407+4,21365 (Spreadsheet39)							
No. of cases: 28							
	Frequency	Period	Cosine Coeffs	Sine Coeffs	Periodogram	Density	Hanning Weights
0	0,000000		0,00000	0,000000	0,0000	5,2653	0,035714
1	0,035714	28,00000	0,58553	-0,120272	5,0024	12,1002	0,241071
2	0,071429	14,00000	-1,45174	0,846600	39,9478	19,5273	0,446429
3	0,107143	9,333333	-0,33814	-0,043116	1,6267	11,5609	0,241071
4	0,142857	7,00000	-0,24623	0,360655	2,6698	7,2156	0,035714
5	0,178571	5,60000	-0,87381	-0,027932	10,7006	24,0254	
6	0,214286	4,66667	-1,77015	0,342247	45,5078	74,4627	
7	0,250000	4,00000	-2,33498	3,114478	212,1292	108,5609	
8	0,285714	3,50000	-0,61464	0,537751	9,3374	58,7210	
9	0,321429	3,11111	-0,70619	-0,120586	7,1855	13,5913	
10	0,357143	2,80000	-0,31261	-0,125241	1,5877	4,0108	
11	0,392857	2,54545	-0,51990	-0,277787	4,8644	3,4850	
12	0,428571	2,33333	-0,22624	-0,275881	1,7821	10,4070	
13	0,464286	2,15385	-0,00867	0,669796	6,2818	49,9886	
14	0,500000	2,00000	3,70611	0,000000	192,2937	89,0014	

Рис. 3.9. Результати спектрального аналізу

Таким чином, комбінована модель часового ряду має вид:

$$y_t = 27,7 - 4,21t + 0,3t^2 - 0,005t^3 - 2,33\cos\left[\frac{2\pi}{4}(t-1)\right] + 3,11\sin\left[\frac{2\pi}{4}(t-1)\right] + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

Результати порівняльного аналізу розрахункових та фактичних значень показника дозволяють зробити висновок про задовільну якість апроксимації (рис. 3.10).

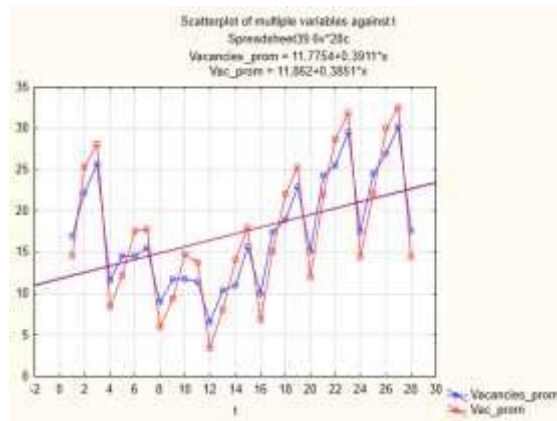


Рис. 3.10. Графік розрахункових та фактичних значень

Аналогічно було побудовано моделі для часових рядів показників кількості вакансій у наступних сферах: транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність; тимчасове розміщування й організація харчування; інформація та телекомунікації; фінансова та страхова діяльність; освіта. Критерії якості моделей наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Критерії якості моделі

Критерії якості прогнозу / Модель	С/Г	Промис- ловість	Транс-порт	Тимч. розміщ	ІКТ	Фін. діял.	Освіта
Середня абсолютна помилка	1,0	2,73	0,58	0,27	0,06	0,11	0,74
Середньоквадратична помилка	1,35	2,75	0,69	0,31	0,06	0,11	0,93
Середньовідсоткова помилка	- 4,75	3,07	1,3	4,25	-0,8	-1,05	7,9
Середня абсолютна процентна помилка	20,8	18,5	11,57	18,34	10,66	19,12	20,23
Коефіцієнт кореляції	0,94	0,92	0,93	0,91	0,94	0,89	0,92

Отже, на основі оцінювання та аналізу моделей часового ряду можна зробити висновок, що всі моделі є адекватними та забезпечують гарну точність прогнозу. Розробимо прогноз на 8 періодів вперед (2 роки в кварталному розрізі), щоб дослідити динаміку показника кількості вакансій за видами економічної діяльності (рис. 3.11).

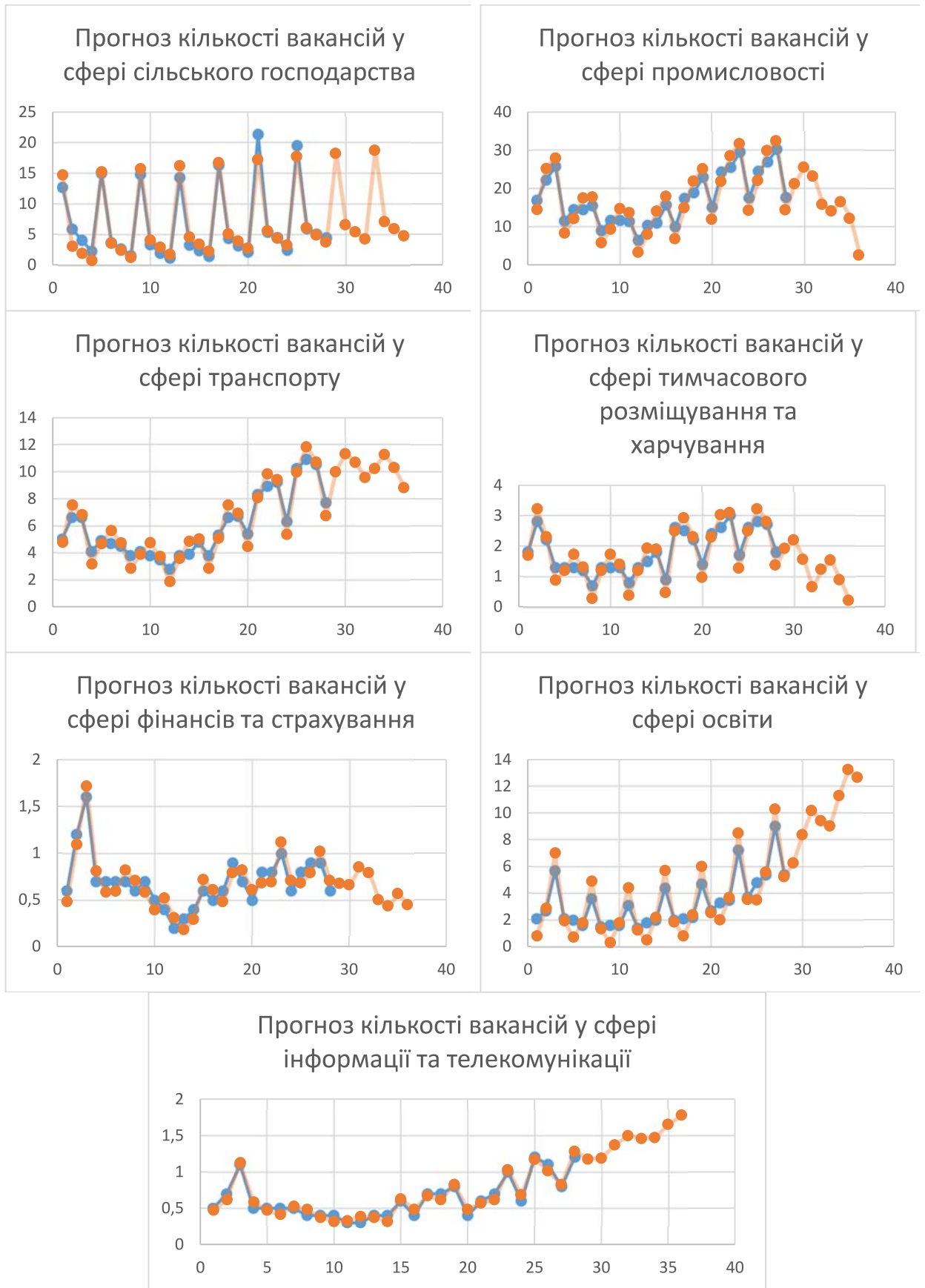


Рис. 3.11. Графіки прогнозних значень кількості вакансій за сферами економічної діяльності

Результати прогнозування (рис. 3.11) дають можливість зробити висновок, що кількість вакансій у сфері сільського господарства незначно зростає. Це обумовлюється тим, що сільське господарство стає однією з основних галузей економіки України, яка має виражену аграрну спеціалізацію.

Кількість вакансій у сфері промисловості характеризується стійким негативним трендом. Такий тренд відбиває кризу в промисловому секторі. На даний час цифрові інновації слабо торкають промисловий сектор. Хоча сектор ІКТ та промисловий сектор не повинні протиставлятися, цифрові інновації мають посилювати конкурентоспроможність промислового сектора економіки, який дає значний приріст додаткової вартості та зайнятості.

Сфера транспортних перевезень у прогнозі демонструє зменшення амплітуди коливань, хоча основний тренд залишається позитивним. На відміну від сфери тимчасового розміщення та харчування. Як приклад: збільшення кількості ресторанів самообслуговування, через що зменшується потреба у робочій силі, особливо це є актуальним під час пандемії, оскільки дозволяє уникати зайвих контактів.

Сфера фінансів та страхування зазнає значних реформ за процесів цифровізації. Усе більше процесів автоматизується, зникає потреба у великій кількості робітників, але зростають вимоги до кваліфікації працівників.

Сфери інформації та телекомунікації, а також освіти під впливом цифровізації збільшують кількість відкритих вакансій. Розглядаючи систему освіти в контексті цифровізації, слід зазначити, що з плином часу кожен житель планети буде все більше потребувати постійного підвищення своєї кваліфікації та доступу до повноцінної та якісної інформації в рамках концепції *lifelong learning*. Оскільки на поточному етапі розвитку економіки ще неможливо повноцінно замінити працю людей у сфері освіти, то кількість вакансій буде зростати, але й вимоги до кваліфікації працівників також.

Таким чином, можемо зробити висновок про те, що стійкими позитивними трендами збільшення вакансій характеризуються сфери інформації та телекомунікації, освіти, транспорту та сільського господарства.

ВИСНОВКИ

Таким чином, проведені в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

спостерігається значний розрив в рівні цифрового розвитку країн ЄС, що посилює цифрові загрози. Програма Digital Europe спрямована на їх попередження та формування єдиного цифрового безпечного простору;

реалізація моделей класифікації країн за рівнем цифрового розвитку показала, що економіка України належить до першої стадії цифрового розвитку та характеризується високим потенціалом збільшення зайнятості та продуктивності за рахунок розвитку machine-based цифрових технологій;

реалізація моделі оцінки інвестицій в інновації на рівень зайнятості показує, що темпи зростання інноваційних секторів економіки є недостатніми і не формують заміну зайнятості, що перебиває спад попиту на робочу силу в традиційних галузях;

реалізація моделей прогнозування кількості вакансій показує зміну структури зайнятості в Україні, зростання кількості вакансій у сфері інформації та телекомунікацій, освіти, сільського господарства та логістики. Водночас спостерігається значний спад кількості вакансій у промисловому секторі економіки. Це говорить про те, що сектор цифрових інновацій та промисловість слабо пов'язані на сучасному етапі розвитку. Цифрові інновації не повинні протиставлятися промисловому сектору, а навпаки посилювати його конкурентоспроможність, що потребує адекватного коригування політики цифрових трансформацій;

зміна форм зайнятості внаслідок динамічної кон'юнктури цифрової економіки вимагає адаптації освітніх програм не тільки в частині жорстких навичок, але і в блоках м'яких навичок, що підсилюють комунікаційну складову, вміння здійснювати ефективний менеджмент проектів у мультикультурному середовищі, вміння безперервно вчитися, швидкість освоєння нових цифрових технологій у професійній діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соболєв В. М., Мусіюк І. О., «Тенденції зайнятості в умовах цифрової економіки», Бізнес Інформ, №10, с. 143–148, 2020. Режим доступу: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-10-143-148>
2. The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf
3. Balsmeier B., Woerter M., «Is this time different? How digitalization influences job creation and destruction», Research policy, 48(8), 2019. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.010>
4. Fossen F. M., Sorgner A. «Digitalization of work and entry into entrepreneurship», Journal of Business Research, vol. 125, pp. 548-563, 2021. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.019>
5. Cirillo V., Evangelista R., Guarascio D., Sostero M., «Digitalization, routineness and employment: an exploration on Italian task-based data», Research Policy, 50(7), 2021. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104079>
6. Popelo O., Kychko I., Tulchynska S., Zhygalkevych Z., Treitiak O., «The Impact of Digitalization on the Forms Change of Employment and the Labor Market in the Context of the Information Economy Development», International Journal of Computer Science and Network Security, 21(5), pp. 160–167, 2021. Режим доступу: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.5.23>
7. Туль С. І., «Стан і перспективи розвитку діджиталізованого ринку праці в Україні», Бізнес Інформ, № 7, с. 182–189, 2019. Режим доступу: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2019-7_0-pages-182_189.pdf
8. Азьмук Н. А., «Сучасні виклики ринку праці при переході до цифрової економіки», Modern Economics, № 19, с. 6–13, 2020. Режим доступу: <https://modecon.mnau.edu.ua/issue/19-2020/azmuk.pdf>

9. Цифрова економіка [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0

10. Полегенька М. А., «Етимологія терміну "інновації" як економічної категорії», Агросвіт, № 21, с. 57-61, 2016. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrosvit_2016_21_11.

11. Абдрахманова Г. И., Вишневыский К. О., Гохберг Л. М., «Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение», на XX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2019, 82 с. Режим доступу <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/263131224.pdf>

12. Миах М. Р., «Влияние диджитализации: трансформация занятости и образования», на VI Международной научно-практической конференции. Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий, Екатеринбург, 2020, с. 127-133. Режим доступу: <http://hdl.handle.net/10995/86104>

13. World Employment and Social Outlook: Trends 2021. ILO. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---d>

14. World Development Indicators. The World Bank. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://databank.worldbank.org/data/source/world-development-indicators>

15. Зайнятість через цифрові платформи. Проблеми та стратегічні перспективи. МОП. 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---travail/documents/publication/wcms_635371.pdf

16. Азьмук Н.А., «Трансформація зайнятості при переході до цифрової економіки: глобальні виклики та стратегії адаптації», Modern

с

о

т

Economics, № 19, с. 6-13, 2020. Режим доступу: [https://doi.org/10.31521/modecon.V19\(2020\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V19(2020)-01)

17. Піщуліна О. М. «Цифрова економіка: тренди, ризики та соціальні детермінанти», Центр Разумкова, 274 с., 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020_digitalization.pdf

18. Клебанова Т. С., Гур'янова Л. С., Чаговець Л. О., «Бізнес-аналітика багатовимірних процесів», ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 271 с., 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22020>

19. Мандель И. Д., Кластерный анализ, Москва: Финансы и статистика, 348 с, 1988.

20. Чаговець Л. О. Оцінювання нерівномірності соціально-економічного розвитку регіонів методами Data Science / Л. О. Чаговець , О. В. Панасенко , А. С. Діденко // Цифрова економіка [Електронний ресурс]: зб. мат. II Нац. наук.-метод. конф., 17–18 жовт. 2019 р., м. Київ. — Київ: ХНЕУ, 2019. — С. 605-608. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/23260>

21. Прокопович С. В. Застосування методів Data Science у комплексному оцінюванні економічного розвитку регіонів/ С. В. Прокопович, Л. О. Чаговець, В. А. Холод // Управління розвитком. – № 3. – 2020. – С. 43-56. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/25471>

22. Шитиков В. К., Мастицкий С. Э., «Классификация, регрессия, алгоритмы Data Mining с использованием R», 351 с., 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://github.com/ranalytics/data-mining>

23. Клебанова Т. С., Гур'янова Л. С., Сергієнко О. А., «Методичні рекомендації до виконання практичних завдань з навчальної дисципліни «Методи економіко-статистичних досліджень» для студентів спеціальності «Економічна кібернетика» денної форми навчання», Вид. ХНЕУ, 48 с., 2010.

24. Клебанова Т.С. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни «Методи економіко-статистичних досліджень» для студентів спеціальності

8.050102 денної форми навчання / Клебанова Т.С., Гур'янова Л.С., Сергієнко О.А. - Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. – 64 с.

25. Т. С. Клебанова, Л. С. Гур'янова, О. А. Сергієнко, «Лабораторний практикум з навчальної дисципліни «Методи економіко-статистичних досліджень» для студентів спеціальності 8.050102 денної форми навчання», Вид. ХНЕУ, 64 с., 2009.

26. Гур'янова Л.С. Прикладна економетрика: навч. посіб. у 2-х ч. Ч. 1 / Л. С. Гур'янова, Т. С. Клебанова, С. В. Прокопович [та ін.] ; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. - 248 с. Режим доступу: <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/19846>

27. Гур'янова Л.С. Прикладна економетрика: навч. посіб. у 2-х ч. Ч. 2 / Л. С. Гур'янова, Т. С. Клебанова, С. В. Прокопович [та ін.]; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. - 271 с. Режим доступу: <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/19842>

28. Гур'янова Л.С. Економетрика : навчальний посібник для студентів напряму підготовки "Економічна кібернетика" усіх форм навчання / Л. С. Гур'янова, Т. С. Клебанова, О. А. Сергієнко та ін. – Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 384 с. (Укр. мов.) Режим доступу: <http://www.repository.hneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/12238>

29. Малярець Л. М. Економетрика. Методичні рекомендації до практичних завдань для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня / укл. Л. М. Малярець, О. В. Мартинова; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. - 81 с. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/23342>

30. Гур'янова Л.С. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни «Економетрія» для студентів напряму підготовки «Економічна кібернетика»

денної форми навчання / Л.С. Гур'янова, О.А. Сергієнко - Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. – 96 с.

31. Карпов В. А., Фіалковська А. А., «Спектральний і гармонійний аналіз циклічності макроекономічного розвитку України», Вісник соціально-економічних досліджень, № 49(2), с. 154–160, 2013. Режим доступу: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/285/1/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BF%D0%BE%D0%B2%20%D0%92.%D0%90.%2C%20%D0%A4%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%90.%D0%90..pdf>

32. Korotayev A., Tsirel S. A Spectral Analysis of World GDP Dynamics: Kondratieff Waves, Kuznets Swings, Juglar and Kitchin Cycles in Global Economic Development, and the 2008- 2009 Economic Crisis // Structure and Dynamics 4(1), 2010.

33. Клебанова Т.С., Курзенев В. А., Наумов В. М., «Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.030502 "Економічна кібернетика" денної форми навчання», ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 656 с., 2015.

34. Клебанова Т.С. Методы и модели прогнозирования социально-экономических процессов: учебное пособие / Т. С. Клебанова, В. А. Курзенев, В.Н. Наумов, Л. С. Гур'янова – СПб.: Издательство СЗИУ РАНХ и ГС, 2012. – 566 с.

35. Гур'янова Л.С., О. А. Сергієнко, «Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Прогнозування соціально-економічних процесів" для студентів напряму підготовки 6.030502 "Економічна кібернетика" денної форми навчання», Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 130 с., 2015.

36. The World Bank Group [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://data.worldbank.org/>

37. Eurostat [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://ec.europa.eu/eurostat>

38. ITU (2021). MEASURING THE INFORMATION SOCIETY REPORT. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: Measuring the Information Society Report (itu.int)

39. WIPO (2021). Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. Geneva: World Intellectual Property Organization. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/

40. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua>