

**Міністерство освіти і науки України**  
**Сумський державний університет**  
**Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та менеджменту**  
**Кафедра економічної кібернетики**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**  
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 051, Економіка  
(код та назва)

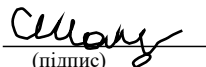
освітньо-професійної програми Економічна кібернетика  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: Економіко-математичне моделювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки на основі методів data mining

Здобувача групи ЕК-91а, Шапаренко Сергій Віталійович  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

  
(підпис)

Сергій ШАПАРЕНКО  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник асистент кафедри економічної кібернетики Сумського державного

університету, доктор філософії, Тетяна ДОЦЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант<sup>1)</sup>

(посада, науковий ступінь, вчене звання ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

**Суми – 2023**

Примітки:

1) Зазначається за наявності

## АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему

«ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ  
CASHLESS ECONOMY, СЕРВІСІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ КОМПАНІЙ ТА  
ІНДИКАТОРІВ ТІНЬОВОЇ ЕКОНОМІКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ DATA MINING»

Студента Шапаренко Сергій Віталійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

*Актуальність теми.* За останні роки, безготівкова економіка стала все більш поширеною, що має великий вплив на функціонування економіки в цілому. Однак, разом з цим зростає роль тіньової економіки, що може містити в собі певні негативні наслідки для суспільства та економіки країни. Також, сервіси телекомунікаційних компаній, такі як мобільний зв'язок та інтернет, стали невід'ємною складовою сучасного життя.

*Мета роботи:* вивчення та поглиблення теоретичних аспектів cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки, виявлення основних факторів та розробка структурно-логічної моделі взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

*Об'єктом дослідження* є взаємозв'язки cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

*Предметом дослідження* виступають математичні методи та моделі data mining, оцінювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

*Методи дослідження:* бібліометричний аналіз – інструментарій VOSViewer; дизайнерська платформа Figma; прикладний статистичний пакет Statistica; кластерний аналіз – метод k-середніх; канонічний аналіз – канонічні кореляції; факторний аналіз – факторне моделювання методом аналізу головних компонент.

*Інформаційна база.* Дані Світового Банку, Міжнародного Союзу Телекомунікацій, Міжнародної Організації Праці, Державної служби статистики України, навчальних посібників, наукових публікацій.

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає в розробці структурно-логічної економіко-математичної моделі взаємозв'язку cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки з використанням комплексу загальнонаукових і спеціальних методів дослідження.

*Рекомендації щодо використання результатів дослідження.* Результати дослідження можуть дозволити керівному персоналу цифрових компаній та уряду країн запровадити більш чіткі та жорсткіші нормативні акти щодо безпеки цифрових, безготівкових сервісів, посилення політики безпеки цифрових операцій, покращення конфіденційності даних та інформації, створити для користувачів безготівкових, цифрових послуг безпечніше середовище.

*Апробація результатів дослідження.* Стаття у фаховому виданні: Доценко Т. В., Шапаренко С. В., Гуменна Ю. Г. (2023) Взаємозв'язки cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки: сучасні методики моделювання. Соціально-економічні відносини в цифровому суспільстві.

*Ключові слова:* безготівкова економіка, сервіси телекомунікаційних компаній, тіньова економіка, data mining, кластерний аналіз, метод k-середніх, канонічний аналіз, канонічні кореляції, факторний аналіз, метод головних компонент.

Зміст кваліфікаційної роботи викладено на 98 сторінках. Список використаних джерел із 54 найменувань, розміщений на 7 сторінках. Робота містить 11 таблиць, 55 рисунків, а також 3 додатки, розміщених на 17 сторінках.

Рік виконання кваліфікаційної роботи – 2023 рік.

Рік захисту роботи – 2023 рік.

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та менеджменту  
Кафедра економічної кібернетики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.е.н., доцент

\_\_\_\_\_ В.В. Койбічук

“03” квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

спеціальність 051 Економіка (Економічна кібернетика)

студенту 4 курсу, групи ЕК-91а

Шапаренко Сергій Віталійович

1. Тема роботи «Економіко-математичне моделювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки на основі методів data mining. Economic and mathematical modeling of relationships of cashless economy, services of telecommunication companies and shadow economy indicators based on data mining methods» затверджена наказом Про затвердження тем і керівників кваліфікаційних робіт наказ №..... від ..... року.
2. Термін подання студентом закінченої роботи «03» червня 2023 року
3. Мета кваліфікаційної роботи: розробка структурно-логічної моделі взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.
4. Об'єкт дослідження: взаємозв'язки cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.
5. Предмет дослідження: математичні методи та моделі data mining оцінювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

6. Кваліфікаційна робота виконується на матеріалах законодавчих та нормативних акти, статистичних даних Національного банку України та Європейського центрального банку, навчальних посібників, наукових публікацій іноземних та вітчизняних дослідників

7. Орієнтовний план кваліфікаційної роботи, терміни подання розділів керівникові та зміст завдань для виконання поставленої мети

Розділ 1. Загальна характеристика об'єкта дослідження та побудова математичної моделі

(назва – термін подання)

У розділі 1.

1.1 Аналіз предметної галузі та виявлення найбільш вагомих параметрів об'єкта дослідження.

1.2 Огляд сучасного стану моделювання об'єкта дослідження.

1.3 Постановка задачі моделювання та формування вимог до моделі.

1.4 Розробка математичної моделі.

Розділ 2. Перевірка адекватності моделі та пропозиції по її використанню

(назва – термін подання)

У розділі 2.

2.1 Перевірка адекватності побудованої математичної моделі.

2.2 Побудова методики проектувальних розрахунків.

2.3 Розробка програмного застосунку для автоматизації методики розрахунків.

8. Консультації з роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Доценко Т.В.	03/04/2023	03/04/2023
2	Доценко Т.В.	04/06/2023	04/06/2023
3			

9. Дата видачі завдання: «03» квітня 2023 року

Керівник кваліфікаційної роботи

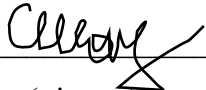


(підпис)

Т.В. Доценко

(ініціали, прізвище)

Завдання до виконання одержав

  
(підпис)

С.В. Шапаренко  
(ініціали, прізвище)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ .....	10
1.1 Аналіз предметної галузі та виявлення найбільш вагомих параметрів об’єкта дослідження .....	10
1.2 Огляд сучасного стану моделювання об’єкта дослідження .....	20
1.3 Постановка задачі моделювання та формування вимог до моделі .....	32
1.4 Розробка математичної моделі.....	33
РОЗДІЛ 2. ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПО ЇЇ ВИКОРИСТАННЮ .....	41
2.1 Перевірка адекватності побудованої математичної моделі .....	41
2.2 Побудова методики проектувальних розрахунків.....	46
2.3 Розробка програмного застосунку для автоматизації методики розрахунків....	65
ВИСНОВКИ .....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	75
ДОДАТКИ.....	82

## ВСТУП

Тенденції устрою сьогоденного світу змінюється під впливом цифровізації, розширюючи можливості суспільства, і доступ до інноваційних речей. При чому реалії сучасного світового співтовариства призводять до збільшення споживчих вимог. Тому, для задоволення потреб населення та бізнесу, сучасний світ технологічного розвитку рухається вперед, розширюється, дозволяючи впроваджувати та широко застосовувати зручні, комфортні сервіси телекомунікаційних компаній – широкосмугового зв'язку, проникнення Інтернету, використання смартфонів. Що спонукають розвитку інструментів cashless economy – online додатків обігу безготівкової економіки, фінансового та банківського сектору.

Але, крім широкого переліку позитивних конкурентних переваг, безготівкових, цифрових технологій, необхідно враховувати наявність негативних наслідків їх широкого застосування. Так як злочинний світ пристосовується до сучасних умов, і в свою чергу розробляє нові можливі варіанти організації незаконних дій, шахрайств, сприяючи розвитку новітніх шляхів тінізації економіки.

Тому дослідження взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки, а особливо шляхом моделювання такої взаємодії, залишається актуальним, досі не вирішеним питанням.

Мета роботи – вивчення та поглиблення теоретичних аспектів cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки, виявлення основних факторів та розробка структурно-логічної моделі взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

Завданнями роботи є: охарактеризувати предметну галузь та виявити найбільш вагомні параметри об'єкта дослідження; проаналізувати сучасний стан моделювання об'єкта дослідження; сформулювати постановку задачі моделювання та вимог до моделі; розробити математичну модель; перевірити адекватність побудованої математичної моделі; побудувати методику проектувальних розрахунків; розробити програмний застосунок для автоматизації методики розрахунків.



Об'єктом дослідження є взаємозв'язки cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

Предметом дослідження виступають математичні методи та моделі data mining оцінювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки.

Методи дослідження: використано загальнонаукові та специфічні методи наукового дослідження: спостереження, порівняння, теоретичний аналіз літератури – для розкриття важливих понять, основних напрямів та аспектів визначеного питання; бібліометричний аналіз наукових публікацій бази даних Scopus, присвячених дослідженню ключових понять, шляхом застосування інструментарію VOSViewerv.1.6.15; дизайнерська платформа Figma – для побудови структурно-логічної схеми взаємозв'язків; для побудови моделі використано прикладний статистичний пакет Statistica 10 та Statistica Portable; кластерний аналіз на основі застосування методу k-середніх – для розподілу країн на групи; канонічний аналіз за допомогою канонічних кореляцій – для визначення ступеню та значущості взаємозв'язків між обраними групами показників; факторний аналіз на основі факторного моделювання шляхом застосування методу аналізу головних компонент – для визначення пріоритетності показників у групі та побудови інтегральних показників.

Інформаційна база. Кваліфікаційна робота виконується на статистичних даних Світового Банку, Міжнародного Союзу Телекомунікацій, Міжнародної Організації Праці, Державної служби статистики України за період 2011-2021рр., навчальних посібників, наукових публікацій іноземних та вітчизняних дослідників. Ресурсна база інформаційної платформи Scopus – для бібліометричний аналізу.

Основний науковий результат кваліфікаційної роботи. Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці структурно-логічної економіко-математичної моделі взаємозв'язку cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки. Для вирішення поставлених завдань використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

### 1.1 Аналіз предметної галузі та виявлення найбільш вагомих параметрів об'єкта дослідження

Загальнотеоретичні та практичні питання функціонування cashless economy активно досліджується світовими науковцями. А саме: важливість безготівкових розрахунків для фінансової стабільності, стимулюючого ефекту фінансової доступності, безготівкового суспільства – Бублик Ю., Шаповал Ю., Шпанель-Юхта О., Брус С. [17], Аназа Н. А., Беннетт Д. Х. С., Андонова Ю., Аназа Е. [9]; негативний вплив і проблем цифрової фінансової доступності, мобільних операцій – Равнбол К.І. [41], Панда Д. К., Редді С., Вайтіанатан С. [40]; вплив пандемії на динаміку цифрової економіки – Сроуджи Дж., Торре Д. [46], Хан Ф., Атік С., Алі М., Батт Н. [30]; та ін.

Cashless economy – це економіка, в якій безготівкові платежі стають домінуючим методом оплати товарів та послуг. Це означає, що велика частина транзакцій здійснюється без використання готівки.

У 2019 році приблизно три з чотирьох транзакцій у торгових точках єврозони були здійснені готівкою. При цьому, якщо врахувати суми транзакцій, то безготівкові платежі становлять 41% від усіх платежів [21]. Проте в останні роки спостерігається тенденція до скорочення використання готівки, що прискорилося під час пандемії коронавірусу (COVID-19) [20].

Вимірювання cashless economy можна проводити за допомогою різних показників, серед яких можна виділити такі:

1. Кількість транзакцій безготівковими методами оплати: це може бути обсяг електронних переказів, оплати кредитними картками, мобільними платежами тощо.

2. Обсяг грошових коштів, що здійснюються безготівковими методами: це може бути обсяг грошових коштів, що переводяться безготівковими методами, або обсяг платежів, що здійснюються через електронні гарантії.

3. Кількість терміналів безготівкових платежів: це може бути кількість терміналів, що приймають кредитні картки або інші безготівкові методи оплати.

4. Кількість людей, які використовують безготівкові методи оплати: це може бути кількість людей, які користуються банківськими картками або мобільними платежами [19].

Для вимірювання cashless economy можна використовувати різні методи, такі як опитування населення, аналіз статистичних даних банків та інших фінансових установ, вивчення ринку платіжних систем та інші. Важливо також враховувати національні особливості країни, де проводиться вимірювання, оскільки рівень безготівкової економіки може залежати від культурних, економічних та політичних чинників [15].

Дослідженню сервісів телекомунікаційних компаній присвятили свої роботи такі вчені, як: Аларефі М. [6], Хак І., Сомро Дж.А., Мазхар Т., Уллах І., Шлул Т.А., Гаді Ю.Й., Толба А. [27], Авуку Е., Аг'ей П.М., Гону Е. [14] – щодо стимулюючих факторів функціонування телекомунікаційних компаній, впровадження та прийняття ними та їх клієнтами нових технологій (ІоТ – інтернет речей, мереж 3G і 4G та ін.); Лін Л., Гуо З., Чжоу К. [35], Аттік С., Хасні М. Дж. С., Чжан Ч. [13] – про несприятливі фактори діяльності телекомунікаційних компаній їх наслідки; та ін.

Сервіси телекомунікаційних компаній – це різноманітні послуги, які надаються клієнтам телекомунікаційних компаній, які можуть бути пов'язані з безпосереднім використанням мобільного зв'язку та інтернету або з додатковими функціями та можливостями, які надаються клієнтам для зручності використання послуг.

Основні види сервісів телекомунікаційних компаній включають наступне:

1. Зв'язок: це основний сервіс, який надається телекомунікаційними компаніями, що дозволяє клієнтам здійснювати дзвінки, відправляти повідомлення та використовувати інші комунікаційні можливості.

2. Інтернет: сервіс, який надається телекомунікаційними компаніями, що дозволяє клієнтам підключатися до Інтернету та користуватися його можливостями.

3. Контент: сервіс, який надається телекомунікаційними компаніями, що дозволяє клієнтам отримувати доступ до різноманітного контенту, такого як музика, відео, фільми, телевізійні передачі тощо.

4. Фінансові послуги: сервіси, які надаються телекомунікаційними компаніями, що дозволяють клієнтам використовувати мобільні гроші, електронні гроші та інші фінансові інструменти.

5. Переказ грошей: сервіси, які дозволяють клієнтам переказувати гроші один одному. Ці сервіси можуть бути доступні через мобільний додаток або веб-сайт телекомунікаційної компанії [2].

Основні показники для вимірювання сервісів телекомунікаційних компаній включають наступні:

1. Кількість абонентів мобільного стільникового зв'язку на 100 жителів – цей показник дозволяє оцінити рівень популярності мобільного зв'язку серед населення та зрозуміти, наскільки поширеним є використання мобільного зв'язку в даному регіоні.

2. Швидкість Інтернету – це показник, який вказує на швидкість передачі даних через Інтернет. Його вимірюють у мегабітах за секунду (Mbps) та вказує на те, наскільки швидко можна завантажувати та відтворювати відео, стрімінгові сервіси та інші веб-сайти.

3. Відсоток абонентів, що використовують Інтернет – цей показник відображає, яка частка абонентів користується послугами мобільного Інтернету.

4. Населення, що охоплено принаймні мобільною мережею 3G/4G – відображає відсоток населення, що має можливість використовувати послуги мобільного зв'язку у мережі третього/четвертого покоління (3G/4G).

Описуючи особливості тіньової економіки варто зупинитись на трактатах таких наукових діячів: Чжан Ю., Чує Ю., Чін Х. [54], Арора Д., Каширамка С. [11], що описують проблеми тіньової банківської діяльності; Гнангнон С.К. [23], який висвітлює вплив тіньової економіки на податкову політику; Бойтан І.А., Штефоні С.Е. [16], що вивчають вплив цифровізації на тіньову економіку; Рават Р., Махор В.,

Альварес Дж. Д., Чавес Ф. [42], які досліджують кіберзлочини тіньової економіки; та ін.

Тіньова економіка – господарська, комерційна та економічна діяльність, здійснювана поза державним обліком і контролем. Тіньова економіка може включати в себе такі явища, як неприбуткові операції, злочинні дії, корупцію, економічний уклад та інші види економічної активності, які не охоплюються державним контролем і регулюванням [3].

Основна причина тіньової економіки полягає в тому, що люди та організації намагаються уникнути платежів податків, зберегти конфіденційність своїх фінансових операцій та уникнути державного регулювання. Тіньова економіка може мати негативний вплив на економіку країни, оскільки знижує обсяги державних доходів, змінює структуру економіки та знижує ефективність виробництва і розподілу ресурсів.

Тіньову економіку можна розділити на три сегменти (рисунок 1.1):

1. Неофіційну (неформальну / сіру);
2. Підпільну (кримінальну / чорну);
3. Фіктивну економіку.

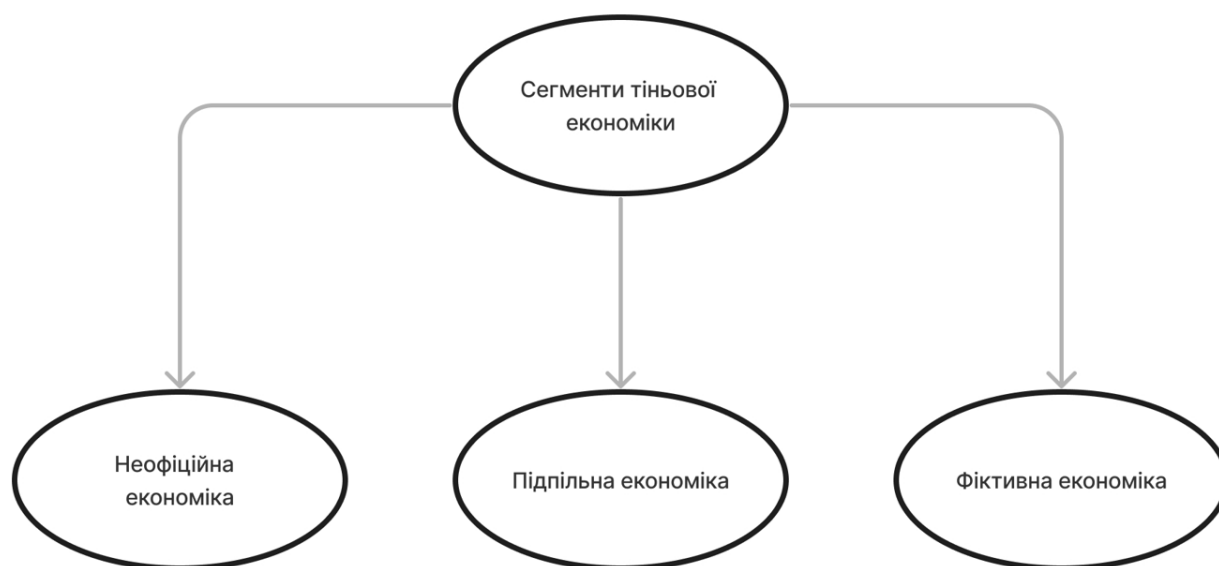


Рисунок 1.1 – Сегменти тіньової економіки

Неофіційна економіка – це не заборонені законом легальні види економічної діяльності, в рамках яких мають місце нефіксоване офіційною статистикою виробництво товарів і послуг, які приховуються від оподаткування (ремонт квартир; надання житла в курортній місцевості; репетиторство та інше).

Підпільна економіка – це, як правило, заборонені законом види економічної діяльності. як-то: незаконне виробництво та збут зброї, наркотиків, контрабанда, рекет, злочинство, бандитизм, а також незаконна практика, наприклад практика лікарів без ліцензії, нелегальний гральний бізнес, проституція, шахрайства з використанням методів соціальної інженерії тощо.

До фіктивної економіки відносять хабарництво, приписки, спекулятивні угоди й інші види шахрайства, зв'язані з одержанням і передачею грошей; сюди ж відносять і діяльність, направлену на одержання необґрунтованого зиску та різного роду пілґ економічними агентами на основі організованих корумпованих зв'язків [4].

Для вимірювання тіньової економіки можна використовувати наступні показники:

1. Загальний рівень безробіття – відображає відсоток безробітних серед загальної кількості населення, яка входить до робочого віку та має можливості для працевлаштування. Цей показник є важливим для визначення економічного стану країни. Чим вище рівень безробіття, тим складніше забезпечити стабільний розвиток економіки та соціальну стабільність.

2. Частка неформальної зайнятості – відображає відсоток працюючих осіб, які працюють в неофіційному секторі економіки, від загальної кількості зайнятих. Висока частка неформальної зайнятості може свідчити про низький рівень економічної розвиненості та недостатню регуляторну політику держави, що може призвести до недостатньої соціальної захищеності та зростання бідності в країні.

3. Частка самозайнятих осіб – відображає відсоток осіб, які працюють на самостійній основі, зокрема, як підприємці, фрілансери та інші особи, які працюють без офіційного трудового договору в рамках заробітку. Цей показник є важливим для оцінки економічної активності населення та стану ринку праці в країні. Високий рівень самозайнятих осіб може свідчити про широкі можливості для розвитку

підприємництва та створення нових робочих місць, а також про високу рівень самостійності та ініціативності населення. Однак, високий рівень самозайнятих осіб також може свідчити про нестабільність на ринку праці та відсутність достатньої кількості робочих місць зі стабільним доходом.

4. Частка грошової маси – відображає співвідношення загальної грошової маси в економіці країни до її ВВП (валового внутрішнього продукту). Грошова маса включає готівкові кошти, депозити та інші форми ліквідного фінансового активу. Цей показник важливий для аналізу макроекономічної ситуації в країні, оскільки він відображає рівень ліквідності економіки та може вказувати на наявність можливості для розширення кредитування та інвестування в економіку країни.

Досліджуючи вищезазначені питання, наголосимо на наявності тісних взаємозв'язків між науковими категоріями «cashless economy», «сервіси телекомунікаційних компаній» та «індикатори тіньової економіки». Частково зв'язки між цими поняттями розкривають сучасні економічні діячі: Кеннедід С. І., Юнжі Г., Зіюфн Ф., Лю К. [29] визначають зв'язки між cashless economy та сервісами телекомунікаційних компаній; Сарновський Дж., Селера П. [45] розкривають відносини між cashless economy та тіньовою економікою; Адальберт Абрахам Гіслайн М. В. [5] описують взаємодію телекомунікаційних компаній і тіньової економіки; та ін.

У розрізі даної роботи доцільно також проаналізувати взаємозв'язки між ключовими словами «digital economy», «shadow economy» та іншими науковими категоріями у відібраних наукових публікаціях, для цього буде використовуватися програмне забезпечення VOSviewer. VOSviewer – програмний засіб для побудови та візуалізації бібліометричних мереж. За допомогою VOSviewer було сформовано сім кластерів ключових слів, що зустрічаються найчастіше в наукових працях за період з 2016 р. по 2023 р. (рисунок 1.2). Найбільшим кластером є червоний, що містить у собі 9 ключових слів (найбільш часто зустрічаються такі слова, як «shadow economy», «internet», «digital technology», «economic activity»). Це дозволяє узагальнити червоний кластер як такий, що опосередковує виявлення та протидію тіньовій економіці.





Інші три кластери мають по 4-5 ключових слів і об'єднуються на фоні банківської системи, системи податків та впливу цифровізації економіки на тіньовий сектор.

На рисунку 1.3 представлено еволюцію публікації наукових публікації з досліджуваної проблематики протягом 2016 – 2023 років, що опублікована в наукометричній базі Scopus. З 2016 року найбільш вживаними у наукових роботах поняттями були ті, що пов'язані з тіньовою та цифровою економікою. Приблизно з початку 2020 року науковці активно продовжували досліджувати проблеми тіньової економіки, також сюди додалися питання фінансового сектора та оподаткування. Поточними актуальними питаннями дослідників є цифровізація, технологічні адаптації та інформатизація.

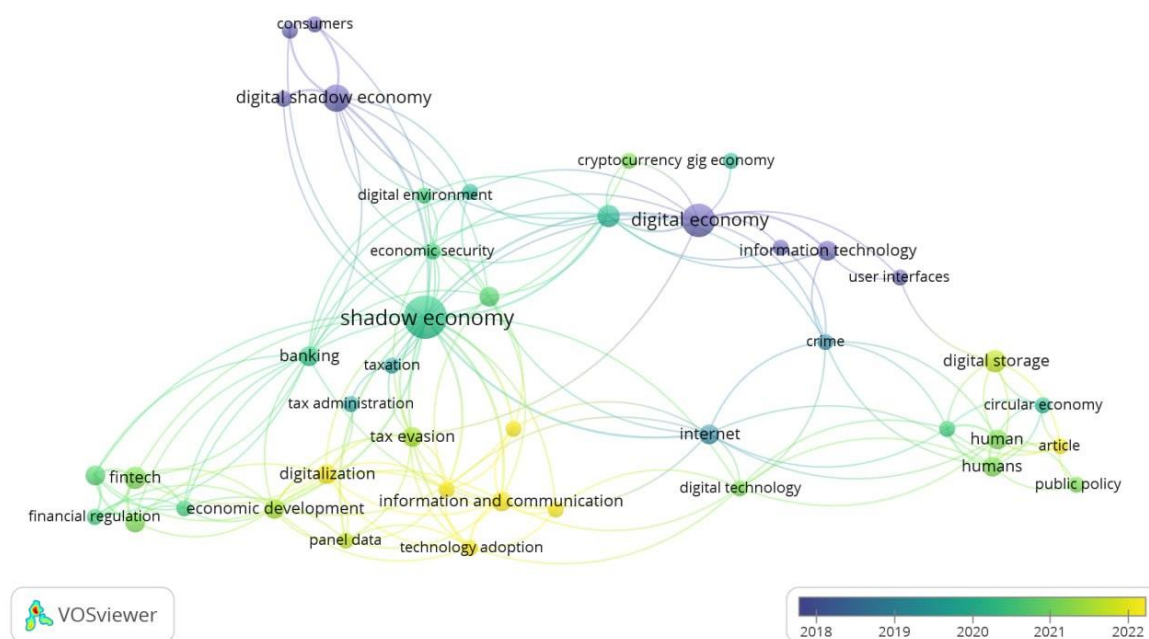


Рисунок 1.3 – Результати бібліометричного аналізу ключових слів, що одночасно трапляються в публікаціях, проіндексованих наукометричною базою Scopus, за запитом «digital economy» та «shadow economy» за допомогою інструментарію VOSviewer у динаміці

Отже, проведений бібліометричний аналіз наукових публікацій підтвердив, по-перше, актуальність обраного напрямку дослідження, подруге, необхідність аналізу взаємозв'язків між cashless economy, сервісами телекомунікаційних компаній та індикаторами тіньової економіки.

Взаємозв'язки між cashless economy, сервісами телекомунікаційних компаній та індикаторами тіньової економіки можуть бути досить складними та мають багато аспектів. З одного боку, використання безготівкових транзакцій може допомогти зменшити розмір тіньової економіки, яка пов'язана з економічною діяльністю, що відбувається поза формальним сектором і не повідомляється уряду. Заохочуючи безготівкові операції та зменшуючи використання готівки, уряди можуть більш ефективно відстежувати та контролювати економічну діяльність, що може зменшити ухилення від сплати податків та іншу незаконну діяльність.

З іншого боку, телекомунікаційні компанії можуть надавати різноманітні сервіси, які можуть використовуватися для здійснення операцій в тіньовому секторі. Наприклад, деякі послуги мобільного зв'язку використовуються для шахрайських дій з абонентськими номерами та для нелегальних операцій, таких як продаж наркотиків, торгівля людьми тощо.

Дослідження взаємозв'язків між cashless economy, сервісами телекомунікаційних компаній та індикаторами тіньової економіки може допомогти зрозуміти, які фактори сприяють розвитку тіньової економіки та як можна боротися з нею. Застосування даних методів дослідження може допомогти розробити стратегії для зменшення рівня тіньової економіки[8].

Телекомунікаційні компанії мають важливу роль у розвитку безготівкової економіки, оскільки системи цифрових платежів дуже залежать від телекомунікаційних послуг. Щоб здійснювати цифрові транзакції, необхідна наявність високошвидкісного Інтернету, мобільного зв'язку та надійних мереж зв'язку. Тому, телекомунікаційні компанії відіграють вирішальну роль у підтримці безготівкової економіки.

Роль телекомунікаційних послуг у визначенні розміру тіньової економіки: Телекомунікаційні послуги можуть служити індикатором тіньової економіки. У

країнах, де значна частина населення не має доступу до цифрових комунікаційних послуг, розмір тіньової економіки може бути більшим. Це пояснюється тим, що люди, які не мають доступу до цифрових платіжних систем, можуть більше користуватися наявними готівковими операціями, що сприяє незаконній діяльності, що здійснюється без виявлення.

З огляду на вищезазначені роботи, зауважимо, що хоч питання cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки, мають широке висвітлення в сучасній літературі, але питання визначення взаємозв'язків та ефективного, комплексного моделювання таких процесів залишається не достатньо дослідженим у світовій практиці, тому потребує додаткового вивчення.

Аналізуючи роль, залежності, значення, вплив, передумови, причини, наслідки категорій cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та тіньової економіки, побудовано структурно-логічну схему взаємозв'язків між досліджуваними поняттями (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Взаємозв'язки сервісів телекомунікаційних компаній, безготівкової економіки та показників тіньової економіки

Узагальнюючи, дослідження взаємозв'язків можна сказати, що телекомунікаційні компанії мають ключову роль у створенні безготівкової економіки, яка може допомогти зменшити розмір тіньового сектору. Крім того, доступність телекомунікаційних послуг може дати уявлення про розмір тіньової економіки в конкретній країні.

## 1.2 Огляд сучасного стану моделювання об'єкта дослідження

Вивчаючи економічні процеси, необхідно наголосити на ролі та місці моделювання. Так, особливо цікавими при дослідженні економічних питань є роботи: Кузьменко О., Леонов С., Летуновська Н., Каща М., Стрілковський В. [32] щодо емпіричної моделі бінарної відповіді при моделюванні у галузі охорони здоров'я; Кузьор А., Васильєва Т., Кузьменко О., Койбічук В. та Брожек П. [33] про моделювання у економіці на основі квантильних регресій; Кузьменко О., Білан Ю., Бондаренко Є., Гавурова Б., Яровенко Г. [31] стосовно застосування моделі загальної векторної авторегресії у фінансовому секторі; та ін.

Економіко-математичне моделювання – це застосування математичних методів та моделей для дослідження та аналізу економічних процесів та явищ. Це може бути комп'ютерне моделювання, математичне моделювання на папері або їх комбінація.

Економіко-математичне моделювання можна використовувати для різних цілей, наприклад:

1. Прогнозування економічного розвитку та динаміки економічних показників (наприклад, ВВП, інфляції, безробіття, доходів населення).
2. Дослідження взаємозв'язків між різними економічними факторами та процесами.
3. Аналіз варіантів прийняття рішень та економічних стратегій.
4. Оцінка ефективності економічних програм та проектів.

У економіко-математичному моделюванні використовуються різні математичні методи та техніки, такі як теорія ігор, лінійне та нелінійне програмування, диференціальні рівняння, статистичні методи та інші.

Важливим елементом економіко-математичного моделювання є правильне визначення параметрів та вихідних даних для моделі, а також її перевірка та корекція з урахуванням нових даних та змін у ситуації.

Економіко-математичне моделювання дозволяє отримувати прогнози та оцінки ефективності економічних процесів та стратегій, а також розробляти більш точні та обґрунтовані рішення для економічного розвитку [24].

Також, серед часто використовуваних методів моделювання, потрібно виділити методи data mining, що використовують у наукових підходах широке коло вчених, в тому числі: Васильєва Т. А., Кузьменко О. В., Стоянець Н. В., Артюхов А. Є., Боженко В. В. [49] застосовують технологію data-mining – регресійний аналіз (метод сигма-обмеженої параметризації); Леонов, С., Жураковська-Сава, Я., Кузьменко, О., & Койбічук, В. [36] пропонують комплексне моделювання з використанням елементів data-mining – в тому числі кореляційного та дисперсійного аналізу; Васильєва Т., Зілко А., Кузьменко О., Капінос А. та Гуменна Ю. [50] використовують методики data-mining – метод дерева класифікації (метод одновимірного розгалуження CART); та ін.

Зі збільшенням обсягів інформації, отриманої у результаті роботи інформаційних систем і процесів, у ході діяльності підприємств або іншої діяльності людства, обробка й аналіз даних стають значно складними. Для первинної обробки інформації з метою її структурування, виділення характерних ознак, узагальнення, сортування тощо застосовують Data Mining.

Моделювання з використанням методів data mining – це процес виявлення корисних знань з великих об'ємів даних. Це один із підходів до машинного навчання, що дозволяє автоматично виявляти закономірності, залежності та структури в даних.

Основні методи data mining включають (рисунок 1.5):

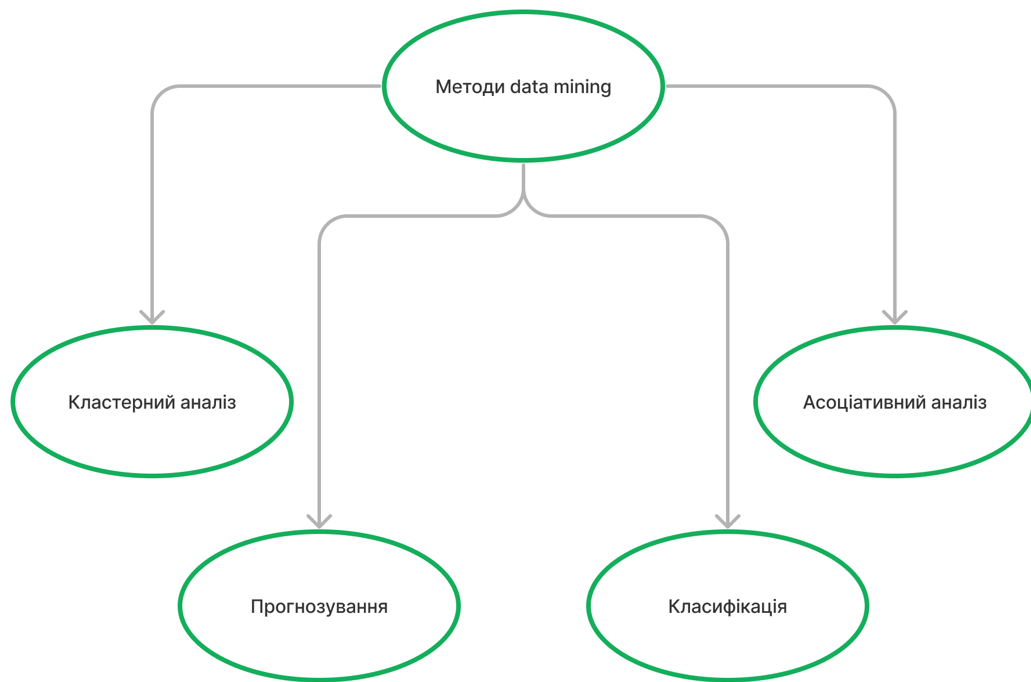


Рисунок 1.5 – Основні методи data mining

1. Кластерний аналіз – групування схожих об'єктів в кластери за певними ознаками.

2. Класифікація – прогнозування класу або категорії об'єкта на основі вхідних даних.

3. Асоціативний аналіз – виявлення зв'язків між різними змінними та визначення частоти виникнення певних комбінацій.

4. Прогнозування – прогнозування майбутніх значень на основі попередніх даних та аналізу тенденцій [52].

Важливим етапом моделювання з використанням методів data mining є підготовка та очистка даних, а також визначення показників та атрибутів, що відображають суть досліджуваного явища. Також важливо мати достатньо великий обсяг даних для побудови достовірних та точних моделей.

Загалом, моделювання з використанням методів data mining може допомогти підвищити ефективність бізнесу, спростити процеси та покращити прийняття рішень. Наприклад, моделі прогнозування можуть допомогти управлінцям зробити більш обґрунтовані та точні рішення про розподіл ресурсів, виробничі процеси чи

маркетингові стратегії. Моделі класифікації можуть допомогти клієнтам знайти потрібні товари, а компаніям – побудувати ефективніші системи управління запасами та логістики. Моделі кластерного аналізу можуть допомогти виділити групи клієнтів зі схожими потребами та вподобаннями для більш точного таргетингування.

Однак, важливо пам'ятати, що моделі, побудовані з використанням методів data mining, не є абсолютно точними та повними. Вони базуються на статистичних методах та алгоритмах, тому їх результати можуть бути неточними або неповними в певних ситуаціях. Також важливо враховувати етичні та правові аспекти збору та обробки даних, щоб запобігти можливим порушенням приватності та конфіденційності [34].

Вагомий внесок у моделювання cashless economy зроблено такими вченими, як: Тікку С. Р., Сінгх А. К. [48] – моделювання впровадження безготівкового електронного гаманця серед мікропідприємців; Мауладі К.Ф., Джая І.М.Л.М., Есквівіас М.А. [37] – моделювання зв'язку між безготівковим суспільством та кіберзлочинністю; Гутьєррес-Ліфманс М., Олалей С. А. [25] – моделі використання безготівкового мобільних торгових точок; Су Б., Ву Л., Єн Ю. [47] – моделювання довіри та лояльності клієнтів до мобільних безготівкових платежів; Арсіанті Л.Д., Аделія [12] – моделювання поведінки користувачів безготівкових платіжних інструментів (кредитних карток).

Моделювання cashless economy – це процес створення математичних моделей, які досліджують вплив безготівкових платежів на економіку та розраховують різні сценарії переходу до цифрових платіжних систем.

Одним з ключових аспектів моделювання cashless economy є аналіз впливу безготівкових платежів на економіку. Методи моделювання cashless economy дозволяють оцінювати різні варіанти розвитку електронної платіжної системи та передбачати наслідки прийняття різних рішень. Вони допомагають управляти ризиками та підвищувати ефективність електронних платежів, зменшувати витрати та покращувати якість обслуговування клієнтів (рисунок 1.6).

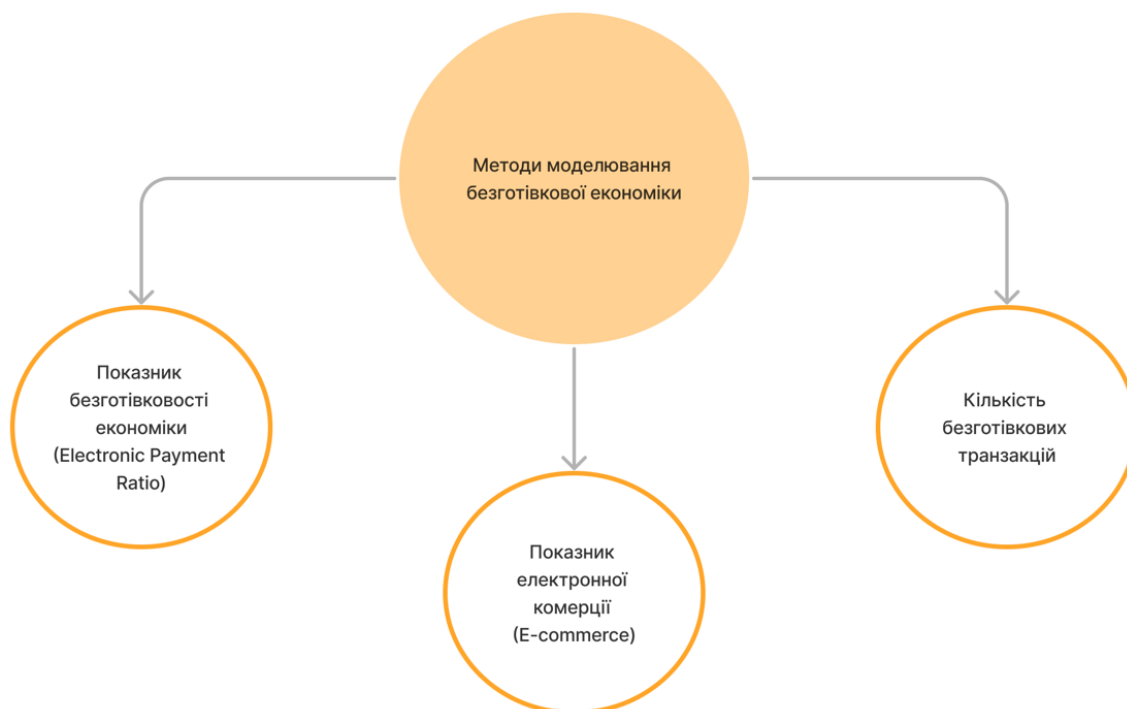


Рисунок 1.6 – Методи моделювання cashless economy

Серед сучасних методик моделювання cashless economy особливо цікавими необхідно виділити наступні підходи:

1. Моделювання впровадження безготівкового електронного гаманця [48] передбачає дослідження впливу певних екзогенних, а також ендогенних факторів на особливості впровадження використання мікропідприємцями електронного гаманця.

2. Моделювання зв'язку між безготівковим суспільством та кіберзлочинністю [37] передбачає перевірку наявності зв'язку зростання кіберзлочинності з обраними показниками безготівкового суспільства – показниками переваг, зручності, ризику.

3. Модель використання безготівкових мобільних торгових точок [25] передбачає встановлення взаємозв'язків між показниками обізнаності про технологію та соціального впливу з урахуванням гендерних відмінностей для прогнозування застосування технології мобільних торгових точок.

4. Моделювання довіри та лояльності клієнтів до мобільних безготівкових платежів [47] передбачає дослідження довіри та лояльності банківських клієнтів до



мобільних платежів, формування платформи переходу між готівковими та безготівковими операціями.

5. Моделювання поведінки користувачів безготівкових платіжних інструментів (кредитних карток) [12] передбачає визначення поведінки користувачів платіжних карток та проаналізувати фактори впливу на таку поведінку.

6. Метод визначення показників електронної комерції (E-commerce). Показник відображає обсяг торгівлі товарами та послугами через Інтернет. Він включає в себе всі електронні транзакції, які відбуваються через Інтернет, включаючи електронні платежі, онлайн-бронювання, онлайн-замовлення та інші.

Для цього можна використовувати формулу (1.1):

$$E\text{-commerce} = (V / GDP) \times 100\%, \quad (1.1)$$

де E-commerce – показник електронної комерції;

V – обсяг операцій електронної комерції;

GDP – ВВП.

Показник електронної комерції є важливим індикатором розвитку технологій, інновацій та динаміки економіки. Його зростання може свідчити про збільшення використання Інтернету для комерційних цілей та збільшення обсягу грошових транзакцій через Інтернет, що в свою чергу може вказувати на зростання економіки. Також цей показник може дати уявлення про те, які сфери економіки найбільше використовують електронну комерцію, та допомогти зробити прогнози щодо її подальшого розвитку.

7. Ще одним методом є моделювання кількості безготівкових транзакцій за допомогою формули (1.2):

$$N = (V \times P) / (t \times S), \quad (1.2)$$

де N – кількість безготівкових транзакцій;

V – середній обсяг однієї транзакції;

$P$  – частка безготівкових транзакцій в загальному обсязі операцій;

$t$  – тривалість періоду;

$S$  – кількість днів у періоді.

8. Також можна використовувати метод моделювання безготівковості економіки (Electronic Payment Ratio) (формула 1.3):

$$\text{Electronic Payment Ratio} = (V + E) / (M1 + M2), \quad (1.3)$$

де  $V$  – обсяг безготівкових операцій;

$E$  – обсяг електронних операцій;

$M1$  – обсяг грошової маси  $M1$ ;

$M2$  – обсяг грошової маси  $M2$ .

Показник безготівковості економіки (Electronic Payment Ratio) є важливим індикатором для вимірювання ступеня безготівковості економіки. Чим вищий показник безготівковості економіки, тим більш ефективно працює система платежів, що дозволяє підтримувати стабільність фінансової системи і зменшувати ризики від крадіжок, втрати грошей та інших фінансових проблем. Також підвищення рівня безготівковості є одним із показників розвитку економіки та її інтеграції в глобальну фінансову систему [44].

Розрахунок показників тіньової економіки є складною задачею, оскільки цей сектор є нелегальним та неофіційним, тому його діяльність не відображається в офіційних статистичних даних.

Особливе місце займають наступні моделі індикаторів тіньової економіки: модель оцінки неформальної економіки за допомогою підходу моделювання структурних рівнянь Делл'Анно Р. [18]; модель взаємозв'язку тіньової банківської діяльності та зростання депозитів комерційних банків Моханті С. П., Гопалкрішнан С., і Махендра А. [39]; модель оцінки рівня тіньової економіки Ремейкене Р., Гаспаренене Л., Йорулмаз О., Шиг М., Стасюкинас А. [43]; модель вимірювання тіньової економіки та її рушіїв Альменар В., Санчес Х. Л., Сапена Дж. [8]; модель

оцінки неформальної роботи в бізнес-циклі Альбертіні Дж., Пуаре А., Сопрасеут Т. [7].

У розрізі досліджуваних питань, авторами виділено сучасні методичні підходи до моделювання тіньової економіки, які мають суттєве практичне значення та ефективні результати застосування:

1. Модель оцінки неформальної економіки за допомогою підходу моделювання структурних рівнянь [18] дозволяє обліковувати неформальну економіку для коригування офіційної статистики.

2. Модель взаємозв'язку тіньової банківської діяльності та зростання депозитів комерційних банків [39] дозволяє вивчити розвиток і зростання депозитів комерційних банків і небанківських фінансових компаній, їх зв'язок з тіньовою банківською діяльністю.

3. Модель оцінки рівня тіньової економіки [43] оцінити розмір тіньової економіки у різних муніципалітетах, дозволяє розробити три рівні тіньової економіки для трьох різних періодів.

4. Модель вимірювання тіньової економіки та її рушіїв [51] передбачає з'ясування відносної важливості тіньової економіки, аналіз її зв'язку тіньової економіки з іншими інституційними та соціальними проблемами, визначення каналів її негативного впливу на ефективність різних економік.

5. Модель оцінки неформальної роботи в бізнес-циклі [7] передбачає оцінку динаміки ринку праці, моделювання динаміки ринку праці зі значною тіньовою економікою.

Також оцінка рівня та аналіз тенденцій тінізації економіки включає в себе використання непрямих методів, таких як екстраполяція на основі надлишкового попиту на готівку та необґрунтованого споживання електроенергії. Ці методи дозволяють оцінити тіньову економіку загалом та за окремими видами економічної діяльності.

Мінекономрозвитку використовує чотири методи (електричний, монетарний, "витрати населення – роздрібний товарооборот", збитковість підприємств), які охоплюють різні сфери національної економіки (рисунок 1.7) [1]. Оскільки різні

сфери мають різну частку нелегального сектору, результати розрахунків значно відрізняються. Після отримання результатів за кожним методом, визначається інтегральний показник рівня тіньової економіки, який служить комплексним індикатором даного явища.

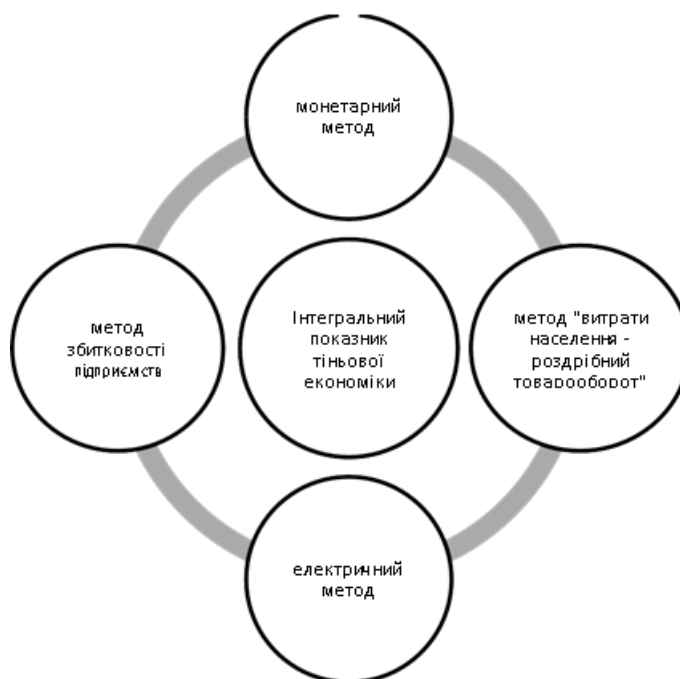


Рисунок 1.7 – Методи оцінювання рівня тіньової економіки

6. Монетарний метод є одним з визнаних у світі підходів для оцінки рівня тіньової економіки. Результати обчислення рівня тіньової економіки в Україні з використанням монетарного методу є доказом ефективності політики, спрямованої на збільшення частки безготівкових розрахунків. Цей метод ґрунтується на припущенні про наявність залежності між обсягом грошової маси в обігу та реальним ВВП при сталій швидкості обігу грошей за нормальних економічних умов.

7. Методика визначення обсягів незареєстрованої економічної діяльності за електричним методом базується на припущенні, що зростання реального ВВП має відповідати зростанню витрат електроенергії. Витрати електроенергії, які перевищують приріст ВВП, розглядаються як витрати на тіньове виробництво (тіньовий ВВП).

8. Методика визначення обсягів незареєстрованої економічної діяльності за методом "витрати населення – роздрібна торгівля" полягає у порівнянні витрат населення на товари з обсягами роздрібної торгівлі цими товарами. Різниця між обсягами витрат населення на товари та обсягами роздрібної торгівлі цими товарами вважається купівлею товарів у тіньовому секторі (формула 1.4).

$$T = (B - P) / P \times 100, \quad (1.4)$$

де  $B$  – витрати домогосподарств на придбання товарів;

$P$  – обсяг роздрібної торгівлі.

9. Інтегральний коефіцієнт підраховується шляхом додавання вагованих коефіцієнтів, які були визначені за різними методами, зазначеними вище. Кожен з цих методів дає оцінку внеску відповідних інституційних секторів до ВВП. Цей підхід забезпечує більш точний результат зведення окремих оцінок в єдиний коефіцієнт тінізації економіки.

Інтегральний коефіцієнт ( $T$ ) матиме такий вигляд (формула 1.5):

$$T = S_{k=1} a_k \times I_k, \quad (1.5)$$

де  $S$  – знак суми;

$I$  – коефіцієнти тінізації економіки України за окремими  $k$  методами;

$a_k$  – їх вагові коефіцієнти.

Вага кожного методу визначається внеском відповідного інституційного сектору економіки у ВВП [38].

У моделюванні сервісів телекомунікаційних компаній особливе місце займають розробки таких науковців: Фаренюк Ю., Затонацька Т., Длугопольський О., Коваленко О. [22] розробили модель прогнозування лояльності та відтоку клієнтів телекомунікаційних компаній; Амані Д. [9] пропонує модель відносин клієнтів до компаній галузі телекомунікацій при переключенні споживачів; Ву Дж., Аббар С.М.,

Авасті Н., Фріас-Мартінес Е., Фріас-Мартінес В. [53] описують модель впливу особливостей мобільності людини (через послуги телекомунікаційних компаній) на короткострокове прогнозування злочинності; Юрчич І., Готовац С. [28] формують модель аналізу потенціалу телекомунікаційних операторів; Хаджар М.А., Алкахтані А.А., Ібрагім Д.Н., Аль-Шарафі М.А., Алкавсі Г., Яхад Н.А., Тіонг С.К. [26] створюють концептуальну модель ціннісних інновацій та її вплив на ефективність організацій телекомунікаційної галузі.

Переходячи до вивчення методик моделювання сервісів телекомунікаційних компаній, вартими суттєвої уваги є ряд моделей:

1. Модель прогнозування лояльності та відтоку клієнтів телекомунікаційних компаній [22] передбачає побудову різних моделей Data Science для класифікації клієнтів згідно ймовірностей відтоку таких клієнтів з телекомунікаційних компаній, а також прогнозування можливих клієнтів телекомунікаційних компаній, які можуть стати фактичними користувачами.

2. Модель відносин клієнтів до компаній галузі телекомунікацій при переключенні споживачів [9] передбачає врахування відносин клієнта до бренду як визначального фактору у поведінці споживачів телекомунікаційних компаній.

3. Модель впливу особливостей мобільності людини (через послуги телекомунікаційних компаній) на короткострокове прогнозування злочинності [53] передбачає врахування ролі людської мобільності у створенні злочинів, просторово-часових закономірностей історичних злочинів.

4. Модель аналізу потенціалу телекомунікаційних операторів [28], що передбачає оцінку потенціалу телекомунікацій або його окремих частин. Згідно цієї моделі виконуються наступні етапи: опис комплексної техніко-економічної моделі (визначення недоліків існуючих моделей аналізу операторів зв'язку; опис рівнів – (технічний рівень, бізнес рівень, екологічний рівень), областей, сегментів (охоплення та доступність для користувачів, технологічний розвиток, ІТ розвиток, розробка продуктів, розвиток послуг, продажі, служба підтримки клієнтів, людські ресурси, політичне середовище, регуляторне середовище, правове середовище, фінансове середовище, якість бренду, присутність у громадських місцях), елементів у моделі);

визначення особливостей технічного рівня моделі та його розрахунок (формула 1.6) (напрямок покриття та доступності для користувачів, напрямок ІТ та технологічний розвиток);

$$Q_{md} = \left( \frac{Ad \cdot Fd}{R_{Ad}} + \frac{Au \cdot Fu}{R_{Au}} + \frac{Ay \cdot Fy}{R_{Ay}} \right) \times 0,1, \quad (1.6)$$

де  $Q_{md}$  – якість мобільного доступу;

$Ad$  – середній доступ до скачування мобільних даних;

$Fd$  – фактор, що визначає важливість скачування мобільних даних;

$R_{Ad}$  – референтна швидкість доступу до скачування мобільних даних;

$Adu$  – середній доступ до завантаження мобільних даних;

$Fdu$  – фактор, що визначає важливість завантаження мобільних даних;

$R_{Au}$  – референтна швидкість доступу до мобільних даних;

$Ay$  – середній доступ до затримки мобільних даних;

$Fy$  – фактор, що визначає важливість затримки мобільних даних;

$R_{Ay}$  – референтна швидкість доступу до затримки мобільних даних.

5. Концептуальна модель ціннісних інновацій та її вплив на ефективність організацій телекомунікаційної галузі [26] передбачає визначення впливу високоякісних інновацій на ефективність телекомунікаційної організації та довгострокове зростання, враховуючи посередницький ефект задоволеності та лояльності клієнтів.

Описані моделі cashless economy, сервіси телекомунікаційних компаній та індикатори тіньової економіки утворюють підґрунтя для подальшого формування узагальнюючих моделей взаємозв'язків досліджуваних наукових категорій.

### 1.3 Постановка задачі моделювання та формування вимог до моделі

Перед тим, як математично описати модель та виконати розрахунки, необхідно сформулювати загальну схему, яка буде віддзеркалювати механізм проведення дослідження.

Моделювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки буде проводитися на макрорівні в розрізі обраних показників. Під час моделювання було обрано найбільш вагомі характеристики об'єкту дослідження.

У якості часового періоду дослідження було обрано період з 2011 по 2021 роки (фактичні дані світових статистичних сайтів).

Модель повинна відповідати таким критеріям:

1. Враховувати номінальні обсяги тіньової економіки;
2. Обчислювати реальні показники сервісів телекомунікаційних компаній, безготівкової економіки;
3. Дозволяти співставляти вхідні дані;
4. Враховувати співставність показників інформаційної бази дослідження;
5. Врахувати пріоритетність впливу показників;
6. Врахувати наявність та силу взаємозв'язків обраних показників;
7. Надавати узагальнюючу оцінку рівня взаємозв'язків обраних сфер.

Модель повинна бути достовірною, оперативною та системною, тобто вона повинна адекватно відображати взаємозв'язок між обраними показниками. Крім того, модель повинна відповідати потребам та рівню керівництва держав, що забезпечить її ефективне використання для прийняття важливих рішень.



## 1.4 Розробка математичної моделі

**1 етап дослідження.** Формування та моделювання статистичної бази дослідження (вхідного масиву даних) з використанням описативного аналізу шляхом застосування прикладного статистичного пакету Statistica 10 та Statistica Portable.

Для побудови моделі, за допомогою якої можна буде встановити взаємозв'язок cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки країн Європи, пропонується визначити три групи показників за такими складовими ознаками: стан розвитку безготівкової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній, рівень тіньової економіки. Інформаційна база дослідження побудована на основі показників The World Bank, International Labour Organization, International Telecommunication Union Statistics та Державної служби статистики України. Індикатори оцінювання було обрано за період з 2011 по 2021 роки. Так, для реалізації кількісної формалізації було відібрано наступні статистичні дані:

Стан розвитку безготівкової економіки (показники, що переважно характеризують рівень розвитку, поширеності та легкості використання безготівкових платежів, також внутрішні фактори, що впливають на функціонування таких платежів):

Показники-стимулятори: CE1 – Кількість рахунків (% вік 15+), CE2 – Запозичень з офіційних фінансових установ (% вік 15+), CE3 – Здійснено або отримано цифрових платежів (% вік 15+), CE4 – Здійснено цифрових платежів (% вік 15+), CE5 – Отримано цифрових платежів (% вік 15+), CE6 – Отримано державних платежів (перекази, пенсія або заробітна плата) на рахунок (% вік 15+), CE7 – Отримано приватну заробітну плату на рахунок (% вік 15+), CE8 – Використано мобільний телефон або інтернет для перевірки балансу на рахунку у банку або подібній фінансовій установі (% вік 15+), CE9 – Здійснено платіж за комунальні послуги, використовуючи рахунок (% вік 15+), CE10 – Збережено у фінансовій

установі (% вік 15+), CE11 – Збережено на старість (% вік 15+), CE12 – Використано дебетову або кредитну картку (% вік 15+), CE13 – Доступ до мобільного телефону (% вік 15+), CE14 – Доступ до інтернету (% вік 15+);

Показники-дестимулятори: CE15 – Банкомати на 100 000 дорослих, CE16 – Відділення на 100 000 дорослих, CE17 – Заборгованість за кредитами у комерційних банках.

Показники CE1 – CE13 можуть вважатися стимуляторами безготівкової економіки, оскільки їхня наявність та використання сприяє збільшенню обсягів безготівкових операцій, підвищенню фінансової грамотності населення та розвитку банківської системи.

Зокрема, CE1-CE5 вказують на наявність та використання цифрових платіжних систем, а також на готовність до їх використання. CE8-CE12 описують різні аспекти використання банківських та фінансових послуг, в тому числі кредитних та дебетових карток, що може сприяти зменшенню готівки в обігу. CE13 та CE14 описують доступність населення до необхідної інфраструктури, а саме мобільного зв'язку та Інтернету.

Показники CE15, CE16 та CE17 можуть бути вважані дестимуляторами безготівкової економіки, оскільки вони вказують на можливі обмеження в доступі до фінансових послуг та банківської інфраструктури. Зокрема, низька кількість банківських відділень та банкоматів може зменшувати зручність та доступність фінансових послуг для населення, тоді як великий обсяг невідшкодованої боргової заборгованості може викликати недовіру до банківської системи та зменшувати попит на фінансові послуги.

Якість сервісів телекомунікаційних компаній (показники, що характеризують доступність та популярність певних сервісів, враховуючи стать абонентів, вік абонентів та тип сервісу):

Показники-стимулятори: STK1 – Кількість активних абонентів мобільного ширококутного зв'язку на 100 жителів, STK4 – Кількість абонентів фіксованого ширококутного зв'язку на 100 жителів, STK5 – Кількість підписок на фіксований ширококутний зв'язок: >10 Мбіт/с, STK6 – Підписка на фіксований

широкосмуговий зв'язок: від 2 до 10 Мбіт/с, STK7 – Підписка на фіксований широкосмуговий зв'язок: 256 Кбіт/с – <2 Мбіт/с, STK8 – Підписка на фіксований телефон на 100 жителів, STK9 – Домогосподарства з комп'ютером вдома (%), STK10 – Домогосподарства з доступом до Інтернету вдома (%), STK11 – Особи, які користуються Інтернетом, усього (%), STK12 – Особи з розширеними навичками Інформаційно-комунікаційних технологій (%), STK13 – Особи з базовими навичками ІКТ (%), STK14 – Особи зі стандартними навичками ІКТ (%), STK15 – Міжнародна пропускна здатність на користувача Інтернету (кбіт/с), STK16 – Користувачі Інтернету: 15-24 роки як % від усіх 15-24 років, STK17 – Користувачі Інтернету: 25-74 роки як % від усіх 25-74 років, STK19 – Кошик мобільного широкосмугового доступу як % від ВНД на душу населення, STK20 – Кошик мобільного стільникового зв'язку як % від ВНД на душу населення, STK21 – Кошик мобільних даних і голосу (високе споживання) як % від ВНД на душу населення, STK22 – Кошик мобільних даних і голосу (низьке споживання) як % ВНД на душу населення, STK23 – Кількість абонентів мобільного стільникового зв'язку на 100 жителів, STK24 – Населення, охоплене мережею мобільного стільникового зв'язку (%), STK25 – Населення, охоплене принаймні мережею мобільного зв'язку 3G (%), STK26 – Населення, охоплене принаймні мережею мобільного зв'язку 4G (%);

Показники-дестимулятори: STK2 – Жіночі Інтернет-користувачі як % від загального жіночого населення, STK3 – Кошик фіксованого широкосмугового зв'язку як % від ВНД на душу населення, STK18 – Чоловічі Інтернет-користувачі як % від загального чоловічого населення, STK27 – Загальна кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок.

Показники STK1, STK4, STK5, STK6, STK7, STK9, STK10, STK11, STK12, STK13, STK14, STK15, STK16, STK17, STK19, STK20, STK21, STK22, STK23, STK24, STK25, STK26 – усі ці показники сприяють розвитку телекомунікаційних послуг та характеризують доступ до мережі, швидкість інтернету, кількість підключень, покриття мережі, наявність обладнання, якість обслуговування та інші параметри, що допомагають підвищити якість послуг та забезпечити їх більш широкий доступ.

Показники, які зменшують доступ до телекомунікаційних послуг. Наприклад, показники STK2 та STK18 характеризують рівень доступу до послуг серед чоловіків та жінок відповідно. Показники STK3 та STK7 характеризують вартість та якість послуг, що можуть зменшити доступність послуг для окремих груп населення. Також, показник STK8 може характеризувати обмеження доступу до телекомунікаційних послуг через відсутність телефонів у деяких домогосподарствах.

Рівень тіньової економіки (показники, що в основному характеризують рівень тіннізації різних сфер економіки):

Показники-стимулятори: SE1 – Безробіття, загальна (% від загальної кількості робочої сили) (змодельована оцінка МОП), SE2 – Частка неформальної зайнятості в загальній зайнятості (%), SE3 – Самозайняті, загальна (% від загальної зайнятості) (змодельована оцінка МОП);

Показники-дестимулятори: SE4 – Індекс ступеня розкриття інформації (від 0 = менше розкриття до 10 = більше розкриття), SE5 – Оцінка легкості ведення бізнесу (0 = найнижча продуктивність до 100 = найкраща ефективність).

Показники SE4 та SE5 стимулюють прозорість та легкість бізнесу, що зменшує можливість тіньової економіки. Складність і неясність у веденні бізнесу та недостатня прозорість є важливими факторами, які сприяють розвитку тіньової економіки.

З іншого боку, показники SE1, SE2 та SE3 є дестимуляторами, оскільки вони вказують на велику кількість безробітних, неформальну зайнятість та самозайнятих осіб. Ці фактори можуть стимулювати зайнятість в тіньовому секторі, де заробітна плата та соціальні гарантії зазвичай низькі або відсутні.

Для дослідження було відібрано 32 країни Європи: Албанія, Австрія, Бельгія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Кіпр, Чеська Республіка, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Грузія, Німеччина, Греція, Угорщина, Ірландія, Італія, Литва, Мальта, Нідерланди, Північна Македонія, Норвегія, Польща, Португалія, Сербія, Словенія, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Україна, Великобританія.

**2 етап дослідження.** Кластерний аналіз ґрунтується на застосуванні ітеративного дивізійного методу k-середніх (k-means clustering). Для здійснення оцінки та порівняння кластерів використано дисперсійний аналіз. У якості показників

доцільності поділу на кластери визначено величини міжгрупових дисперсій (Between SS) – повинні мінімізуватися, внутрішньогрупових (Within SS) дисперсій вказаних характеристик – повинні максимізуватися, величина критерію Фішера (F) – повинно бути більше критичного та ймовірності можливого відхилення нульової гіпотези (p),

**3 етап дослідження.** Визначення ступеня та значущості взаємозв'язків між складовими ознаками досліджуваних груп показників (стан розвитку безготівкової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній, рівень тіньової економіки), що обрано у роботі як визначальні для побудови інтегрального індикатора рівня взаємозв'язків обраних сфер у країнах Європи, шляхом проведення канонічного аналізу. Цей етап передбачає причинно-наслідковий аналіз, тобто ідентифікацію, які групи показників є причинами у досліджуваному питанні, а які його наслідками. Так, канонічний аналіз надає можливість зменшення багатовимірного набору характерних ознак до вузької сконцентрованої системи пар ознак, що є найбільш корельовані між собою. Така процедура дозволяє сформулювати статистичну оцінку значущості та взаємозв'язку досліджуваних ознак.

Математично основна мета канонічного аналізу передбачає визначення кореляційного зв'язку зважених сум, так званих лінійних комбінацій, що мають назву «канонічні змінні», з кожної можливої множини характеристик, які складають причинні та результативні ознаки. А сама процедура реалізації канонічного аналізу проводиться шляхом використання пакету Statistica 10 та Statistica Portable. Такий підхід надає можливість отримання обробленої стандартизованої вихідної бази у вигляді зручних для аналізу табличних даних (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Визначення вихідної бази даних для канонічного аналізу

Порядковий номер спостереження	Система ознак першої групи				Система ознак другої групи			
	$A_1$	$A_2$	...	$A_x$	$B_1$	$B_2$	...	$B_y$
1	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1x}$	$b_{11}$	$b_{12}$	...	$b_{1y}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
N	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nx}$	$b_{n1}$	$b_{n2}$	...	$b_{ny}$

Де  $x \geq y$ ,  $x$ , – кількість ознак системи першого рівняння першої групи, – кількість ознак системи першого рівняння другої групи.

Оцінка зв'язку між канонічними змінними  $H$  і  $F$  описується у вигляді наступної формули (1.7):

$$\begin{cases} H = p_1 a_1 + p_2 a_2 + \dots + p_x a_x \\ F = q_1 b_1 + q_2 b_2 + \dots + q_y b_y \end{cases} \quad (1.7)$$

Де  $p_i$ , ( $i = \overline{1, x}$ ) та  $q_j$ , ( $j = \overline{1, y}$ ), – відповідні ваги коефіцієнтів, що розраховуються при вирішенні задачі з власними значеннями. При чому, зміна цих вагів коефіцієнтів визначає зміну величини канонічних змінних відповідно, а також канонічного коефіцієнта кореляції  $k$  (формула 1.8). В свою чергу, канонічний коефіцієнт кореляції оцінює залежність двох наборів змінних, а також визначає щільність залежності між канонічними змінними.

$$k = \frac{cov(H, F)}{\sqrt{var(H)var(F)}} \quad (1.8)$$

**4 етап дослідження.** Визначення релевантних показників оцінювання рівня розвитку безготівкової економіки, якості сервісів телекомунікаційних компаній та тіньової економіки обраних трьох країн (Україна, Нідерланди та Польща) (тобто значимості факторів в середині кожної групи показників для оцінки результатів вхідного масиву даних аналізу);

Факторний аналіз було проведено шляхом використання методу головних компонент. Факторний аналіз реалізовано за допомогою програмного пакету Statistica 10 та Statistica Portable, шляхом застосування функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» на основі вхідної вибірки даних. Де у якості вхідних даних було взято панельні дані у вигляді таблиці початкових даних за період з 2011р. по 2021р. по обраним згідно кластерного аналізу 3 країнам Європи (Україна, Нідерланди та Польща).

**5 етап дослідження.** Розроблення узагальнюючого інтегрального індикатора стану цифрового економічного розвитку. Наголосимо, що якісний опис структури досліджуваної системи взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки в частині визначення стану розвитку цифрової економіки країн Європи, вимагає розроблення інтегрального показника або із застосуванням усіх головних компонент, або достатньо великої для аналізу кількості. Отже, використовуємо величини всіх показників.

Для визначення інтегрального індикатора стану цифрового економічного розвитку проводимо процедуру згортки, що дозволяє обчислити інтегральні показники по кожній групі (стан розвитку безготівкової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній, рівень тіньової економіки) у розрізі країн за кожен рік та загальний інтегральний індикатор стану цифрового економічного розвитку в розрізі країн за кожен рік (формула 1.9), період аналізу з 2011р. по 2021р. для країн: Україна, Нідерланди та Польща:

$$R_T = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m S_i} , \quad (1.9)$$

де  $R_T$  – інтегральний індикатор стану цифрового економічного розвитку країн Європи;

$S_i$  – вивчаємий індикатор ( $i = \overline{1, m}$ ).

З економічної точки зору інтерпретація проведених розрахунків наступна: чим більша величина розрахованих інтегральних показників стану розвитку безготівкової економіки та якості сервісів телекомунікаційних компаній, тим краще рівень розвитку цифрової економіки, при чому загальні інтегральні показники приймають значення від 0 до 1. Для інтегрального показника рівня тіньової економіки ситуація протилежна, тобто чим більша величина показника, тим гірший рівень розвитку цифрової економіки.

Враховуючи описані вище етапи, побудуємо узагальнену схему економіко-математичного моделювання (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Узагальнена схема економіко-математичного моделювання

Вхідні дані:	Математичні співвідношення:	Вихідні змінні:
<p>Показники стану розвитку безготівкової економіки (CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7, CE8, CE9, CE10, CE11, CE12, CE13, CE14, CE15, CE16, CE17);</p> <p>Показники якості сервісів телекомунікаційних компаній (STK1, STK2, STK3, STK4, STK5, STK6, STK7, STK8, STK9, STK10, STK11, STK12, STK13, STK14, STK15, STK16, STK17, STK18, STK19, STK20, STK21, STK22, STK23, STK24, STK25, STK26, STK27);</p> <p>Показники рівня тіньової економіки (SE1, SE2, SE3, SE4, SE5)</p>	$\begin{cases} H = p_1 a_1 + p_2 a_2 + \dots + p_x a_x \\ F = q_1 b_1 + q_2 b_2 + \dots + q_y b_y \end{cases}$ $k = \frac{cov(H, F)}{\sqrt{var(H)var(F)}}$ $R_T = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m S_i}$	<p>Інтегральні показники по групам:</p> <p>Стан розвитку безготівкової економіки;</p> <p>Якість сервісів телекомунікаційних компаній;</p> <p>Рівень тіньової економіки.</p> <p>Узагальнюючі інтегральні показники стану цифрового економічного розвитку</p>
	<p>Керовані змінні:</p> <p>Кількість кластерів</p>	



## РОЗДІЛ 2. ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПО ЇЇ ВИКОРИСТАННЮ

### 2.1 Перевірка адекватності побудованої математичної моделі

1. Кластеризація країн ґрунтується на застосуванні ітеративного дивізійного методу k-середніх (k-means clustering). Для перевірки адекватності моделі було взято всі 49 показників: безготівкова економіка – 17 показників, сервіси телекомунікаційних компаній – 27 показників, індикатори тіньової економіки – 5 показників. За допомогою кластерного аналізу перевірено адекватність розбивки 42 країн Європи на групи. Для здійснення оцінки та порівняння кластерів використано дисперсійний аналіз щодо обрання 2, 3, 4, 5, 6, 7 та 8 кластерів. У якості показників доцільності поділу на кластери визначено величини міжгрупових дисперсій (Between SS) – повинні мінімізуватися, внутрішньогрупових (Within SS) дисперсій вказаних характеристик – повинні максимізуватися, величина критерію Фішера (F) – повинно бути більше критичного та ймовірності можливого відхилення нульової гіпотези (p), що свідчать про адекватність кластеризації в розрізі показників – прямує до 0, але для економічних досліджень повинно бути менше 0,05. Аналіз результатів формувань країн Європи на 2, 3, 4, 5, 6, 7 та 8 кластерів, визначив найбільш адекватним 7-кластерне групування країн, оскільки 9 показників мають ймовірності можливого відхилення нульової гіпотези менше ніж 0.05 (рисунок 2.1). У той час, коли 2-кластерне групування та 6-кластерне групування мають лише 7 значущих показників, а 3/4/5/8-кластерне групування – 6 значущих показників.

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	9,498821E+02	6	3,077579E+03	25	1,2860	0,299444
CE2	3,217069E+03	6	3,920896E+03	25	3,4187	0,013296
CE3	1,849632E+03	6	4,308738E+03	25	1,7886	0,142320
CE4	3,786806E+03	6	7,746804E+03	25	2,0368	0,098117
CE5	1,094738E+03	6	6,400352E+03	25	0,7127	0,642722
CE6	9,622037E+02	6	4,998303E+03	25	0,8021	0,577610
CE7	5,216198E+02	6	2,619281E+03	25	0,8298	0,558128
CE8	2,811500E+03	6	9,676247E+03	25	1,2107	0,333651
CE9	5,149987E+03	6	7,404727E+03	25	2,8979	0,027657
CE10	4,229385E+03	6	9,447188E+03	25	1,8654	0,126857
CE11	2,334840E+03	6	8,063322E+03	25	1,2065	0,335625
CE12	4,701545E+03	6	1,092431E+04	25	1,7932	0,141346
CE13	1,368789E+02	6	2,070980E+02	25	2,7539	0,034035
CE14	1,881151E+02	6	6,436686E+02	25	1,2177	0,330302
CE15	3,029388E+03	6	3,751904E+04	25	0,3364	0,911078
CE16	8,643113E+02	6	3,908621E+03	25	0,9214	0,496393
CE17	3,237734E+14	6	2,013610E+13	25	66,9969	0,000000
STK1	6,908646E+03	6	2,334902E+04	25	1,2329	0,323235
STK2	2,640715E+02	6	1,650264E+03	25	0,6667	0,677118
STK3	8,132794E-01	6	1,380779E+01	25	0,2454	0,956666
STK4	1,001534E+03	6	1,244230E+03	25	3,3539	0,014541
STK5	2,521355E+15	6	2,986882E+13	25	351,7261	0,000000
STK6	3,347507E+12	6	3,005837E+12	25	4,6403	0,002682
STK7	1,459844E+10	6	3,291324E+10	25	1,8481	0,130184
STK8	2,778089E+03	6	4,893655E+03	25	2,3654	0,060132
STK9	1,276310E+03	6	5,237638E+03	25	1,0153	0,437987
STK10	9,449556E+01	6	9,013251E+02	25	0,4368	0,847175
STK11	2,611972E+02	6	1,330764E+03	25	0,8178	0,566505
STK12	4,666423E+01	6	2,463893E+02	25	0,7891	0,586864
STK13	9,741265E+02	6	6,474104E+03	25	0,6269	0,707191
STK14	1,331993E+03	6	4,019074E+03	25	1,3809	0,260852
STK15	6,655300E+11	6	2,588858E+12	25	1,0711	0,405810
STK16	1,465768E+01	6	8,770113E+01	25	0,6964	0,654870
STK17	2,360364E+02	6	1,701068E+03	25	0,5782	0,744092
STK18	2,078901E+02	6	1,045051E+03	25	0,8289	0,558762
STK19	1,316369E+00	6	6,021153E+00	25	0,9109	0,503199
STK20	1,601368E+00	6	6,796720E+00	25	0,9817	0,458290
STK21	3,516197E+00	6	1,806965E+01	25	0,8108	0,571454
STK22	2,123922E+00	6	8,395878E+00	25	1,0540	0,415464
STK23	6,969234E+02	6	5,413533E+03	25	0,5364	0,775414
STK24	1,303145E+00	6	1,975842E+00	25	2,7481	0,034323
STK25	2,319198E+01	6	7,112334E+01	25	1,3587	0,269467
STK26	2,530977E+01	6	1,632706E+02	25	0,6459	0,692841
STK27	2,724669E+15	6	4,722281E+13	25	240,4090	0,000000
SE1	1,146279E+02	6	3,220828E+02	25	1,4829	0,224511
SE2	7,615916E+02	6	3,887921E+03	25	0,8162	0,567647
SE3	4,813649E+02	6	2,756625E+03	25	0,7276	0,631675
SE4	3,458453E+01	6	1,732905E+02	25	0,8316	0,556881
SE5	9,677216E+01	6	6,316996E+02	25	0,6383	0,698588

Рисунок 2.1 – Аналіз адекватності моделі кластеризації за 2021 рік

При цьому, отриману модель можемо вважати неадекватною, оскільки з 49 показників лише 11 статистично значущі або близькі до таких. Тому, для кластерного аналізу буде обрано лише одинадцять значущих показників (рисунок 2.2).

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE2	2,176176E+03	4	4,961789E+03	27	2,9605	0,037738
CE4	3,771084E+03	4	7,762526E+03	27	3,2792	0,025824
CE9	4,773051E+03	4	7,781663E+03	27	4,1403	0,009621
CE13	1,338164E+02	4	2,101605E+02	27	4,2980	0,008078
STK4	1,061024E+03	4	1,184739E+03	27	6,0451	0,001314
STK5	2,510986E+15	4	4,023795E+13	27	421,2231	0,000000
STK8	2,528688E+03	4	5,143055E+03	27	3,3188	0,024649
STK15	6,171819E+11	4	2,637206E+12	27	1,5797	0,208251
STK19	1,431052E+00	4	5,906469E+00	27	1,6354	0,194208
STK27	2,714434E+15	4	5,745745E+13	27	318,8870	0,000000
SE1	9,592805E+01	4	3,407826E+02	27	1,9001	0,139353

Рисунок 2.2 – Аналіз адекватності моделі кластеризації за 2021 рік, враховуючи лише значущі та близькі до таких показники

Повторний аналіз результатів формувань країн Європи, із новим списком показників, на 2, 3, 4, 5, 6 та 7 кластерів, визначив найбільш адекватним 5-кластерне групування країн, оскільки 8 із 11 показників мають ймовірності можливого відхилення нульової гіпотези менше ніж 0.05 (рис. 2.2). У той час, коли 2-кластерне групування, 3-кластерне групування та 4-кластерне групування мають лише 5 значущих показників, 6-кластерне групування – 7 значущих показників, а 7-кластерне групування – 6 значущих показників. Враховуючи те, що 8 з 11 показників є статистично значущими, побудовану модель можна вважати адекватною.

2. Перевіряємо адекватність канонічного аналізу:  $R$  – канонічний коефіцієнт кореляції, що показує силу та напрям зв'язку між групами показників (значення  $R$  прагне до 1);  $\text{Chi}^2$  – критерій адекватності (значення  $\text{Chi}^2$  прагне до безкінечності);  $p$  – ймовірність відхилення гіпотези про те, що зв'язок між групами показників не існує (значення  $p$  прагне до 0).

		Canonical Analysis Summary (SpreadsheetShaparenko_can.sta)	
		Canonical R: ,99970	
		Chi?(110)=550,95 p=0,0000	
		Left Set	Right Set
N=33			
<b>Variables:</b>	1	CE1	STK4
	2	CE2	STK5
	3	CE3	STK6
	4	CE4	STK7
	5	CE7	STK8
	6	CE9	STK15
	7	CE12	STK19
	8	CE13	STK21
	9	CE16	STK22
	10	CE17	STK24
	11		STK27

Рисунок 2.3 – Перевірка адекватності канонічного аналізу між групою показників стан розвитку безготівкової економіки та якість сервісів телекомунікаційних компаній

		Canonical Analysis Summary (SpreadsheetShaparenko_can.sta)	
		Canonical R: ,99931	
		Chi?(50)=422,10 p=0,0000	
		Left Set	Right Set
N=33			
<b>Variables:</b>	1	CE1	SE1
	2	CE2	SE2
	3	CE3	SE3
	4	CE4	SE4
	5	CE7	SE5
	6	CE9	
	7	CE12	
	8	CE13	
	9	CE16	
	10	CE17	

Рисунок 2.4 – Перевірка адекватності канонічного аналізу між групою показників стан розвитку безготівкової економіки та рівень тіньової економіки

N=33	Canonical Analysis Summary (SpreadsheetShaparenko_can.sta)	
	Canonical R: ,99677 Chi?(55)=324,12 p=0,0000	
	Left Set	Right Set

Variables:	1	STK4	SE1
	2	STK5	SE2
	3	STK6	SE3
	4	STK7	SE4
	5	STK8	SE5
	6	STK15	
	7	STK19	
	8	STK21	
	9	STK22	
	10	STK24	
	11	STK27	

Рисунок 2.5 – Перевірка адекватності канонічного аналізу між групою показників якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівень тіньової економіки

В усіх трьох випадках канонічний коефіцієнт кореляції майже дорівнює одиниці, а отже можемо сказати, що існує сильний зв'язок між групами показників. Також ймовірність відхилення гіпотези прагне до нуля, що ще раз підтверджує, що зв'язок між цими групами показників існує. Значення  $\chi^2$  достатньо велике. Отже, можемо сказати що проведені аналізи адекватні.

3. Проведення аналізу власних значень кореляційної матриці вхідних даних показників групи стан розвитку безготівкової економіки надає можливість підтвердити, що для визначення релевантних індикаторів варто взяти перші два фактори, бо вони разом забезпечують не менше 75% варіації результативної ознаки, а саме: 1 фактор 71,359%, 2 фактор 13,379% (рисунок 2.16).

Подібно до показників групи стан розвитку безготівкової економіки країн, проведено визначення релевантних індикаторів для групи показників якості сервісів телекомунікаційних компаній – отримали два фактори (1 фактор 55,595%, 2 фактор 22,717%) та рівня тіньової економіки – отримали три фактори (1 фактор 44,565%, 2 фактор 29,453%, 3 фактор 17,434%)(рисунок 2.18).

## 2.2 Побудова методики проектувальних розрахунків

Для подальшої кластеризації країн було обрано як статистичну базу одинадцять ключових показників (таблиця Б.1): стан розвитку безготівкової економіки: CE2, CE4, CE9, CE13; якість сервісів телекомунікаційних компаній: STK4, STK5, STK8, STK15, STK19, STK27; рівень тіньової економіки: SE1.

У розділі 2.1 було визначено, що для кластерного аналізу буде використовуватися 5-кластерне групування, оскільки саме воно має найбільшу кількість статистично значущих показників – 8 (рисунок 2.2). Для безпосереднього виокремлення певних груп країн, що є типовими за їх характеристиками було використано інструментарій Statistica, пакет «Multivariate Exploratory Techniques» – «Cluster Analysis» – k-means clustering (метод k-середніх) – analysis of variance (дисперсійний аналіз).

Так, було визначено 5 окремих кластерів (рисунок 2.6 – 2.8), що містять групування країн Європи згідно обраних ключових показників у систематизованому графічному вигляді, із зазначенням кількості країн, членів кожного кластеру, евклідових відстаней від центру групування як визначальну метрику даного типу групування країн Європи.

Members of Cluster Number 1 and Distances from Respecti Cluster contains 3 cases		Members of Cluster Number 2 and Distances from Respecti Cluster contains 2 cases	
	Distance		Distance
France	223843	Italy	300521,0
Germany	1875374	Spain	300521,0
United Kingdom	1672658		

Рисунок 2.6 – Склад та характеристика першого та другого із п'яти умовних кластерів країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней

		Members of Cluster Number and Distances from Respective Cluster contains 10 cases	
		Distance	
		Austria	518602,6
		Belgium	528312,5
		Czech Republic	89215,3
		Denmark	470397,9
		Greece	329359,4
		Hungary	171867,5
		Norway	499469,9
		Portugal	272950,6
		Sweden	231361,3
		Switzerland	207796,7
		Members of Cluster Number and Distances from Respective Cluster contains 3 cases	
		Distance	
Netherlands	121692,7		
Poland	241992,8		
Ukraine	122637,4		

Рисунок 2.7 – Склад та характеристика третього та четвертого із п'яти умовних кластерів країн Європи в розрізі станів обраних сфер згідно показника евклідових відстаней

		Members of Cluster Number 5 (SpreadsheetShaparenko.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 14 cases	
		Distance	
Albania	198756,1		
Bosnia and Herzegovina	166470,0		
Bulgaria	546904,4		
Croatia	36273,3		
Cyprus	465729,9		
Estonia	207307,1		
Finland	384439,5		
Georgia	50126,2		
Ireland	257376,9		
Lithuania	114476,6		
Malta	319264,9		
North Macedonia	231093,5		
Serbia	347697,8		
Slovenia	133530,4		

Рисунок 2.8 – Склад та характеристика п'ятого умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер згідно показника евклідових відстаней

Якщо повернутися до моделі з усіма початковими показниками та провести додатковий аналіз з ними, то отримаємо, що Україна, Нідерланди та Польща знов потрапили до одного кластеру (рисунок 2.9).

Members of Cluster Number 4 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 cases	
	Distance
Netherlands	78553,4
Poland	123119,7
Ukraine	58890,6

Рисунок 2.9 – Склад та характеристика четвертого із восьми умовних кластерів країн Європи в розрізі станів обраних сфер згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники

Аналіз сформованих п'яти кластерів країн Європи дозволяє стверджувати, що реалізоване групування цілком відповідає загальному рівню обраних сфер в країнах з одного кластеру. Так, найменший кластер включає Італію та Іспанію, країни для яких характерна досить розвинена система безготівкових платежів, доступні та якісні сервіси телекомунікаційних компаній та доволі високий відсоток безробіття. Наступним по величенні кластером, є група з трьох країн: Франція, Німеччина та Велика Британія. Спільними рисами для даних країн є досить розвинена система безготівкових платежів, середні за доступністю та якістю сервіси телекомунікаційних компаній та доволі малий відсоток безробітних. Ще один кластер, що включає три країни: Польща, Нідерланди та Україна. Ці країни мають середній розвиток системи безготівкових платежів, доволі високий рівень якості та доступності сервісів телекомунікаційних компаній та середню частку безробітного населення. Для подальшого аналізу будуть використовуватися саме ці три країни, через найбільшу зацікавленість до України. Наступний кластер включає в себе 10 країн, а саме: Австрію, Бельгію, Чехію, Данію, Грецію, Угорщину, Норвегію, Португалію, Швецію та Швейцарію. Вони характерні тим, що мають високорозвинену систему безготівкових платежів та високу якість та доступність сервісів телекомунікаційних компаній, при цьому мають нижче середнього рівень безробіття. Найбільшим з п'яти кластерів, є група з 14 країн, до неї відносяться найбільш країни з доволі низьким рівнем розвитку систем безготівкових платежів, вище середнього рівня якості та



доступність сервісів телекомунікаційних компаній та з вище середнього відсотком безробітних.

Більш комплексно охарактеризувати отримані результати кластерного аналізу країн світу, у розрізі стану трьох обраних сфер дослідження, і зрозуміти сутність кожної із утворених груп дозволяє комплексний аналіз статистичних показників за допомогою стандартизованих середніх значень та евклідових відстаней (рисунок 2.10 та рисунок 2.11). Так, чим менше значення евклідової відстані від центру групування по кожному кластеру тим країни в даному кластері більш схожі за станом розвитку безготівкової економіки, якістю сервісів телекомунікаційних компаній, рівнем тіньової економіки.

Variable	Cluster Means (SpreadsheetShaparenko.sta)				
	Cluster No. 1	Cluster No. 2	Cluster No. 3	Cluster No. 4	Cluster No. 5
CE2	51	53	33	44	30,4
CE4	99	95	88	94	72,7
CE9	77	63	59	68	44,0
CE13	91	99	99	98	97,1
STK4	45	33	28	41	30,2
STK5	30915850	16681750	7385356	3628001	933635,1
STK8	51	37	16	28	23,0
STK15	309667	21248	74570	97365	366977,6
STK19	0	0	1	1	0,9
STK27	32027430	17698300	7953452	3701820	995869,9
SE1	5	12	6	6	8,7

Рисунок 2.10 – Середні значення показників характеристики взаємозв'язків обраних сфер в межах 5 виділених кластерів

Cluster Number	Euclidean Distances between Clusters (SpreadsheetShaparenko.sta)				
	Distances below diagonal				
	Squared distances above diagonal				
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
No. 1	0	3,709243E+13	1,030269E+14	1,406374E+14	1,692631E+14
No. 2	6090356	0,000000E-01	1,648980E+13	3,330067E+13	4,791760E+13
No. 3	10150220	4,060763E+06	0,000000E-01	2,926782E+12	8,192558E+12
No. 4	11859070	5,770674E+06	1,710784E+06	0,000000E-01	1,332224E+12
No. 5	13010120	6,922254E+06	2,862265E+06	1,154220E+06	0,000000E-01

Рисунок 2.11 – Евклідові відстані між 5 виділеними кластерами

У дослідженні для реалізації канонічного аналізу використано програмний інструмент Statistica 10 та Statistica Portable. Спочатку було сформовано панельні дані у вигляді таблиці вхідних даних за період з 2011р. по 2021р. по обраним згідно кластерного аналізу 3 країнам Європи (Нідерланди, Польща, Україна). Згідно показників адекватності кластерного аналізу відібрали допустимі для подальшого аналізу по значимості 26 показників (стан розвитку безготівкової економіки: CE1, CE2, CE3, CE4, CE7, CE9, CE12, CE13, CE16, CE17; якість сервісів телекомунікаційних компаній: STK4, STK5, STK6, STK7, STK8, STK15, STK19, STK21, STK22, STK24, STK27; рівень тіньової економіки: SE1, SE2, SE3, SE4, SE5). Далі було по чергово визначено залежність між групами показників у вигляді трьох результативних таблиць (рисунок 2.12): стан розвитку безготівкової економіки – якість сервісів телекомунікаційних компаній, стан розвитку безготівкової економіки – рівень тіньової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній – рівень тіньової економіки, шляхом застосування функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Canonical Analysis».

Показник total redundancy – показує на скільки варіація однієї групи пояснюється варіацією іншої групи (від 0% до 29% – зв'язку немає, від 30% до 49% – є слабкий зв'язок, від 50% до 69% – є середній зв'язок, від 70% до 100% – є сильний зв'язок; у якій групі показників % total redundancy більше, та група показників є наслідком).

Аналіз даних, зображених на рисунку 2.2.6 дозволяє визначити, що, total redundancy для групи показників стану розвитку безготівкової економіки дорівнює 96,7550%, а для групи показників якості сервісів телекомунікаційних компаній дорівнює 94,6166%, що свідчить про існування тісного зв'язку між станом розвитку безготівкової економіки та якістю сервісів телекомунікаційних компаній групами показників, сильний вплив групи показників якості сервісів телекомунікаційних компаній на групу показників стану розвитку безготівкової економіки, показники стану розвитку безготівкової економіки залежать від показників якості сервісів телекомунікаційних компаній, де показники якості сервісів телекомунікаційних

компаній є причиною, а показники стану розвитку безготівкової економіки є наслідком.

Canonical Analysis Summar		
Canonical R: ,99970		
Chi?(110)=550,95 p=0,0000		
N=33	Left Set	Right Set
No. of variables	10	11
Variance extracted	100,000%	99,4455%
Total redundancy	96,7550%	94,6166%
Variables:		
1	CE1	STK4
2	CE2	STK5
3	CE3	STK6
4	CE4	STK7
5	CE7	STK8
6	CE9	STK15
7	CE12	STK19
8	CE13	STK21
9	CE16	STK22
10	CE17	STK24
11		STK27

Рисунок 2.12 – Зв'язок між групами показників стану розвитку безготівкової економіки та якості сервісів телекомунікаційних компаній

Аналіз показників рисунку 2.13 також свідчать про наявність сильних зв'язків між групами показників стану розвитку безготівкової економіки – рівень тіньової економіки. Total redundancy для групи показників стану розвитку безготівкової економіки дорівнює 88,2757%, а для групи показників рівня тіньової економіки становить 96,9830%, тобто показники рівня тіньової економіки залежать від показників стану розвитку безготівкової економіки, так показники стану розвитку безготівкової економіки є причиною, а показники рівня тіньової економіки є наслідком.

		Canonical Analysis Summary	
		Canonical R: ,99931	
		Chi <sup>2</sup> (50)=422,10 p=0,0000	
N=33		Left Set	Right Set
No. of variables		10	5
Variance extracted		90,2706%	100,000%
Total redundancy		88,2757%	96,9830%
Variables:	1	CE1	SE1
	2	CE2	SE2
	3	CE3	SE3
	4	CE4	SE4
	5	CE7	SE5
	6	CE9	
	7	CE12	
	8	CE13	
	9	CE16	
	10	CE17	

Рисунок 2.13 – Зв’язок між групами показників стан розвитку безготівкової економіки та рівень тіньової економіки

Аналіз показників рисунку 2.14 свідчать про наявність сильного зв’язку між групою показників якість сервісів телекомунікаційних компаній – рівень тіньової економіки. Total redundancy для групи якість сервісів телекомунікаційних компаній показників дорівнює 80,7338%, а для групи показників рівень тіньової економіки становить 94,9503%, тобто показники рівня тіньової економіки залежать від показників якості сервісів телекомунікаційних компаній, так показники якості сервісів телекомунікаційних компаній є причиною, а показники рівня тіньової економіки є наслідком.

Canonical Analysis Summary		
Canonical R: ,99677		
Chi <sup>2</sup> (55)=324,12 p=0,0000		
N=33	Left Set	Right Set
No. of variables	11	5
Variance extracted	85,9781%	100,000%
Total redundancy	80,7338%	94,9503%
Variables:	1 STK4	SE1
	2 STK5	SE2
	3 STK6	SE3
	4 STK7	SE4
	5 STK8	SE5
	6 STK15	
	7 STK19	
	8 STK21	
	9 STK22	
	10 STK24	
	11 STK27	

Рисунок 2.14 – Зв’язок між групами показників якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівень тіньової економіки

У рамках факторного аналізу, методом головних компонентів було обґрунтовано доцільність врахування для оцінювання рівня розвитку цифрової економіки Європи не всіх показників, а найвпливовіших, що мають найбільшу вагу в групі.

Для подальшого аналізу на цьому етапі дослідженні було взято всі три групи обраних показників: стан розвитку безготівкової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній, рівень тіньової економіки. Але при дослідженні особливу увагу, згідно результатів канонічного аналізу, приділено групам показників стан розвитку безготівкової економіки та якість сервісів телекомунікаційних компаній, що мають суттєво впливають на показники рівня тіньової економіки.

Так, базуючись на даних індикаторів групи показників стану розвитку безготівкової економіки, в розрізі таких країн як, Нідерланди, Польща, Україна, за допомогою функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Scree plot», побудовано графік кам’янистого осипу власних значень кореляційної матриці вхідних даних оцінювання групи стан розвитку безготівкової економіки країн (рисунок 2.15); функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Eigenvalues»,

побудовано таблицю власних значень кореляційної матриці та похідних статистичних показників групи стан розвитку безготівкової економіки країн (рисунок 2.16).

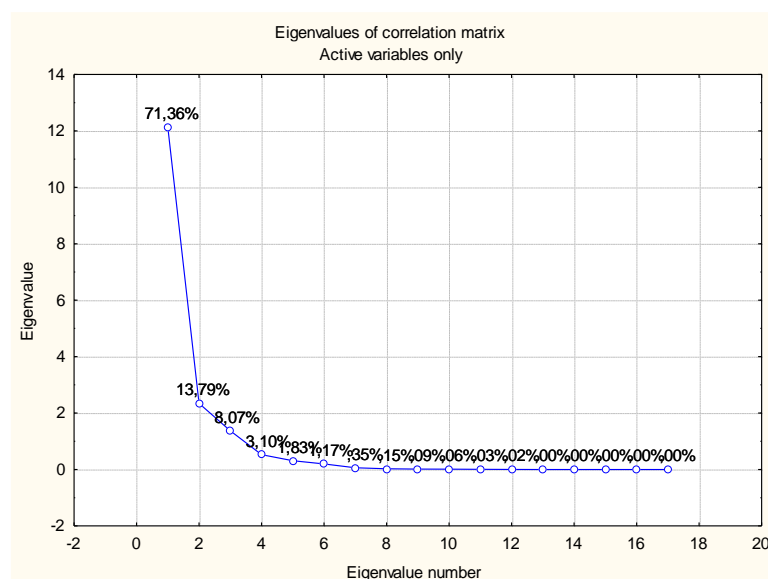


Рисунок 2.15 – Графік кам’янистого осипу власних значень кореляційної матриці вхідних даних групи стан розвитку безготівкової економіки країн

Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics (SpreadsheetShapark Active variables only)				
Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	12,13104	71,35904	12,13104	71,3590
2	2,34411	13,78891	14,47515	85,1479
3	1,37138	8,06695	15,84653	93,2149
4	0,52697	3,09982	16,37350	96,3147
5	0,31089	1,82875	16,68439	98,1435
6	0,19835	1,16674	16,88274	99,3102
7	0,05922	0,34837	16,94196	99,6586
8	0,02489	0,14639	16,96684	99,8050
9	0,01456	0,08564	16,98140	99,8906
10	0,00980	0,05766	16,99120	99,9483
11	0,00466	0,02741	16,99587	99,9757
12	0,00305	0,01795	16,99892	99,9936
13	0,00072	0,00424	16,99964	99,9979
14	0,00018	0,00107	16,99982	99,9989
15	0,00013	0,00075	16,99995	99,9997
16	0,00005	0,00031	17,00000	100,0000
17	0,00000	0,00000	17,00000	100,0000

Рисунок 2.16 – Власні значення кореляційної матриці та похідні статистичні показники групи стан розвитку безготівкової економіки країн

Аналогічно побудовано графіки кам'янистого осипу власних значень кореляційної матриці вхідних даних групи якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівень тіньової економіки (рисунок 2.17); функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Eigenvalues», побудовано таблицю власних значень кореляційної матриці та похідних статистичних показників якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівня тіньової економіки (рисунок 2.18):

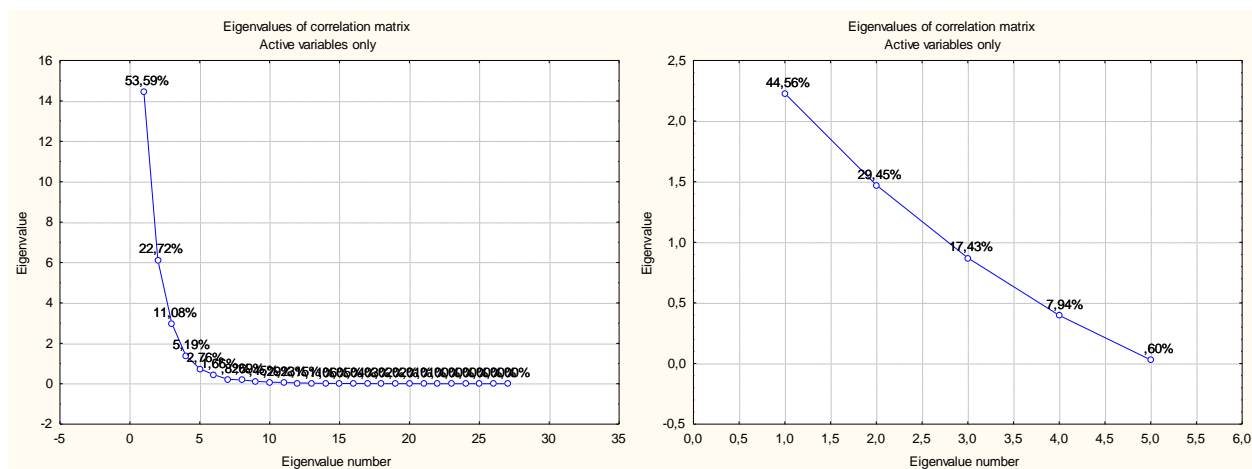


Рисунок 2.17 – Графік кам'янистого осипу власних значень кореляційної матриці вхідних даних групи якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівень тіньової економіки

Value number	Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	14,47061	53,59484	14,47061	53,5948
2	6,13365	22,71723	20,60426	76,3121
3	2,99272	11,08416	23,59698	87,3962
4	1,40210	5,19298	24,99908	92,5892
5	0,74456	2,75762	25,74364	95,3468
6	0,44800	1,65927	26,19165	97,0061
7	0,22242	0,82376	26,41406	97,8299
8	0,18752	0,69452	26,60158	98,5244
9	0,12118	0,44883	26,72277	98,9732
10	0,07835	0,29019	26,80112	99,2634
11	0,06345	0,23500	26,86457	99,4984
12	0,04000	0,14814	26,90456	99,6465
13	0,02895	0,10722	26,93351	99,7538
14	0,01679	0,06218	26,95030	99,8159
15	0,01458	0,05399	26,96488	99,8699
16	0,01125	0,04165	26,97613	99,9116
17	0,00803	0,02972	26,98415	99,9413
18	0,00498	0,01845	26,98913	99,9597
19	0,00409	0,01516	26,99322	99,9749
20	0,00269	0,00996	26,99591	99,9849
21	0,00157	0,00582	26,99748	99,9907
22	0,00096	0,00356	26,99845	99,9942
23	0,00065	0,00240	26,99909	99,9966
24	0,00041	0,00151	26,99950	99,9981
25	0,00034	0,00126	26,99984	99,9994
26	0,00011	0,00042	26,99995	99,9998
27	0,00005	0,00017	27,00000	100,0000

Value number	Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	2,228243	44,56487	2,228243	44,5649
2	1,472651	29,45302	3,700894	74,0179
3	0,871712	17,43424	4,572606	91,4521
4	0,397169	7,94338	4,969775	99,3955
5	0,030225	0,60450	5,000000	100,0000

Рисунок 2.18 – Значення кореляційної матриці та похідні статистичні показники групи якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівень тіньової економіки

За допомогою функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Contributions», формуємо вкладку змінних показників групи стан розвитку безготівкової економіки (рисунок 2.19).

Variable	Variable contributions, based on correlations (SpreadsheetShaparenko_fact_sta)																
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11	Factor 12	Factor 13	Factor 14	Factor 15	Factor 16	Factor 17
CE1	0,078684	0,001645	0,015683	0,018620	0,022175	0,000410	0,026581	0,008892	0,013946	0,024399	0,005110	0,313320	0,085879	0,042995	0,315008	0,010515	0,016139
CE2	0,046162	0,085441	0,020055	0,114996	0,118558	0,569258	0,029778	0,000472	0,002587	0,000000	0,000009	0,011633	0,000183	0,000008	0,000678	0,000123	0,000057
CE3	0,080969	0,001461	0,000617	0,024011	0,000043	0,000001	0,000171	0,008116	0,028970	0,000061	0,004674	0,039574	0,005283	0,125327	0,179292	0,027059	0,474372
CE4	0,080905	0,001634	0,000802	0,018775	0,003970	0,000336	0,013680	0,016676	0,042362	0,026179	0,051009	0,015425	0,000471	0,001090	0,154411	0,167308	0,404966
CE5	0,072942	0,005989	0,019769	0,129456	0,000097	0,002119	0,047360	0,008197	0,007581	0,131158	0,117538	0,106266	0,027617	0,038709	0,022682	0,240369	0,022151
CE6	0,038232	0,068085	0,240972	0,074216	0,000259	0,001047	0,088617	0,000090	0,009306	0,000176	0,251177	0,024232	0,138107	0,058121	0,000984	0,005643	0,000736
CE7	0,070248	0,020222	0,009911	0,000169	0,194569	0,075961	0,097854	0,178919	0,004589	0,031236	0,087621	0,042047	0,010680	0,004726	0,013414	0,155717	0,002117
CE8	0,081039	0,000976	0,003542	0,000267	0,011358	0,010667	0,000128	0,137736	0,012263	0,003554	0,008668	0,041581	0,096972	0,499795	0,004980	0,064620	0,021854
CE9	0,079919	0,000004	0,014716	0,005152	0,003241	0,005471	0,004398	0,117981	0,010229	0,092559	0,171082	0,090932	0,186818	0,137544	0,076570	0,000952	0,002431
CE10	0,073040	0,023875	0,023025	0,011039	0,047278	0,001649	0,017269	0,079161	0,032531	0,181138	0,016609	0,023706	0,213508	0,008668	0,018534	0,227161	0,001808
CE11	0,061065	0,000574	0,016590	0,381902	0,053102	0,059190	0,004695	0,143114	0,076207	0,061408	0,002093	0,000382	0,068479	0,017826	0,023174	0,023398	0,006800
CE12	0,078913	0,000130	0,003773	0,003650	0,088921	0,012725	0,057489	0,000917	0,001343	0,022959	0,193374	0,157223	0,074658	0,035206	0,169860	0,052361	0,046496
CE13	0,027145	0,237503	0,039371	0,017878	0,046936	0,114353	0,123755	0,109220	0,146317	0,103408	0,000376	0,027398	0,001385	0,001300	0,003021	0,000636	0,000000
CE14	0,073081	0,011253	0,004235	0,028444	0,144912	0,048693	0,034266	0,045259	0,528428	0,070870	0,001171	0,005006	0,000936	0,000044	0,002489	0,000911	0,000002
CE15	0,051044	0,110635	0,000491	0,147634	0,029895	0,078381	0,209079	0,136009	0,050006	0,146065	0,014556	0,018786	0,001922	0,000077	0,000222	0,000187	0,000013
CE16	0,004131	0,157827	0,412107	0,021389	0,004100	0,000312	0,008354	0,006342	0,002040	0,086785	0,067291	0,079823	0,085218	0,026771	0,014615	0,022839	0,000055
CE17	0,002479	0,272746	0,174340	0,002402	0,230585	0,019426	0,236526	0,002900	0,026296	0,018045	0,007642	0,002667	0,001885	0,001793	0,000066	0,000200	0,000003

Рисунок 2.19 – Вклад змінних показників групи стан розвитку безготівкової економіки країн



Подібно до показників групи стан розвитку безготівкової економіки країн, сформовано вклад змінних для групи показників якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівня тіньової економіки (рисунок 2.20).

Variable	Variable contributions, based on correlations (Spre				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
STK1	0,032721	0,005061	0,125329	0,018695	0,004842
STK2	0,066726	0,004469	0,000134	0,002497	0,000028
STK3	0,016374	0,110092	0,010811	0,000892	0,021793
STK4	0,058936	0,000093	0,026843	0,007307	0,047855
STK5	0,029352	0,028734	0,072559	0,073000	0,081976
STK6	0,000003	0,097792	0,026153	0,047783	0,320170
STK7	0,005347	0,115204	0,036218	0,000784	0,068304
STK8	0,016833	0,014712	0,150040	0,117039	0,003037
STK9	0,060024	0,015210	0,000440	0,010025	0,006646
STK10	0,063148	0,010569	0,001955	0,000242	0,000830
STK11	0,066463	0,004213	0,000025	0,005760	0,000033
STK12	0,046485	0,009743	0,045435	0,056021	0,041160
STK13	0,057043	0,010053	0,010377	0,028640	0,005513
STK14	0,055350	0,006647	0,012128	0,061615	0,028954
STK15	0,017849	0,015018	0,116948	0,160184	0,008935
STK16	0,038268	0,052802	0,008000	0,033819	0,041787
STK17	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Variable	Variable contributions, based on correlat			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
SE1	0,305630	0,005260	0,106724	0,546679
SE2	0,404639	0,006052	0,069576	0,035684
SE3	0,002870	0,387681	0,474736	0,013030
SE4	0,039425	0,363164	0,317783	0,250368
SE5	0,247436	0,237844	0,031180	0,154239

Рисунок 2.20 – Вклад змінних для групи показників якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівня тіньової економіки

Далі, використовуючи власні значення кореляційної матриці вхідної статистичної бази оцінювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки країн Європи, з урахуванням перших двох факторів і вкладу змінних стану розвитку безготівкової економіки, сформовано таблиці пріоритетності показників у групі (таблиці Б.3 – Б.4, таблиця 2.1).

Відомості таблиці Б.3 зображують логіку проведених розрахунків величини середньої арифметичної зваженої впливу показників групи стан розвитку безготівкової економіки, на величину даного рівня шляхом обчислення суми добутків вагових коефіцієнтів факторів, тобто власних розмірів кореляційної матриці вхідної бази, а також впливу обраних факторів. У результаті таких розрахунків отримано величини графі «Зважений вплив показників» (таблиця Б.3).

Аналогічно до групи стан розвитку безготівкової економіки, отримано проміжні величини розрахунку релевантності для групи показників якості сервісів телекомунікаційних компаній та рівня тіньової економіки (таблиця Б.3, таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Проміжні величини розрахунку релевантності показників групи рівень тіньової економіки

Показники / Вагові коефіцієнти		Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Зважений вплив показників
		44,56487	29,45302	17,43424	
Безробіття, загальна (% від загальної кількості робочої сили) (змодельована оцінка МОП)	SE1	0,30563	0,00526	0,106724	17,10%
Частка неформальної зайнятості в загальній зайнятості (%)	SE2	0,404639	0,006052	0,069576	<b>21,24%</b>
Самозайняті, загальна (% від загальної зайнятості) (змодельована оцінка МОП)	SE3	0,00287	0,387681	0,474736	<b>21,68%</b>
Індекс ступеня розкриття інформації (від 0 = менше розкриття до 10 = більше розкриття)	SE4	0,039425	0,363164	0,317783	<b>19,68%</b>
Оцінка легкості ведення бізнесу (0 = найнижча продуктивність до 100 = найкраща ефективність)	SE5	0,247436	0,237844	0,03118	<b>20,31%</b>

Так, на основі даних таблиць Б.3 – Б.4 та таблиці 2.1 можна зробити висновок, що серед показників групи стан розвитку безготівкової економіки найважливішими показниками з найбільшим впливом у групі виступають індикатори: SE1, SE3, SE4, SE5, SE7, SE8, SE9, SE10, SE12, SE13, SE14, SE15 – по 6-7% загального впливу у групі; середній вплив мають SE2 та SE11 – по 5%, SE6 та SE17 – по 4,5%, загального впливу у групі; найменш важливими є SE16 – 2,90%.

Серед показників групи якості сервісів телекомунікаційних компаній показниками з найбільшим впливом виступають індикатори: STK2, STK3, STK7, STK9, STK10, STK11, STK13, STK16, STK17, STK18, STK20, STK21, STK22 – по 4-5% загального впливу у групі; середній вплив мають STK4, STK5, STK6, STK12, STK14, STK23, STK24, STK25, STK 26 – по 2-3% загального впливу у групі; найменш важливим є STK8, STK15 та STK19 – 1,6%.

Серед показників групи рівень тіньової економіки найважливішими показниками з найбільшим впливом на групу показників виступають індикатори: SE2 та SE3 – по 21% загального впливу у групі, SE5 – 20%; середній вплив має SE4 – 19,6% загального впливу у групі; найменш важливим є SE1 – 17%.

Для визначення інтегрального індикатора стану цифрового економічного розвитку країн Європи (взаємозв'язок cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки) спочатку показники-дестимулятори приведено до співставного вигляду показників-дестимуляторів, як одиниця ділена на показник-дестимулятор. Після чого проведено стандартизацію (нормалізацію) вхідних даних з використанням програмного інструменту Statistica 10 та Statistica Portable, за допомогою функції «Data» – «Standardize» (таблиця Б.2).

Далі проводимо процедуру згортки, після чого обчислюємо інтегральні показники по кожній групі (стан розвитку безготівкової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній, рівень тіньової економіки) в розрізі країн за кожен рік (таблиці 2.2 – 2.4) та загальний інтегральний індикатор стану цифрового економічного розвитку країн Європи (таблиця 2.5) в розрізі обраних країн за кожен рік (формула 1.9).

Отже, розраховано інтегральні показники по кожній групі показників окремо (стан розвитку безготівкової економіки, якість сервісів телекомунікаційних компаній, рівень тіньової економіки) у розрізі кожної країни за кожен рік, а також середні арифметичні по рокам в розрізі країн.

Економічна інтерпретація проведених розрахунків для групи інтегральних показників стану розвитку безготівкової економіки, коли вони виступають і як результат, і як фактори впливу на функціонування цифрової економіки, показує, що згідно даних таблиці 2.2 найбільші середні значення інтегральних показників у Нідерландах 0,909, що свідчить про найкращий стан показників розвитку безготівкової економіки, що визначають рівень розвитку цифрової економіки у країні. Це підтверджується високими значеннями даних показників протягом останніх років та позитивною динамікою.

Середні значення, але все ще на високому рівні в Україні 0,826, хоча з 2018р. почалася стабільна динаміка на зниження рівня, що свідчить про наявні проблемні аспекти. Додатково проаналізувавши початкові дані, бачимо, що у 2015 році почав зменшуватися показник-стимулятор CE11 та почав рости показник-дестимулятор CE17, обидва ці показники мають високий вплив на всю групу. З 2018 року почали зменшуватися показники-стимулятори CE10 та CE7, ці показники також є одними з найбільш впливових на групу показників стан розвитку безготівкової економіки.

Найнижчі, але не критичні значення у Польщі 0,479, що свідчить про недоліки у стані показників розвитку безготівкової економіки, що потребує додаткової уваги. У Польщі з 2012 року активно зростали показники-дестимулятори CE15 та CE17, при цьому вони мають високий та середній вплив відповідно на загальну групу. Також з 2018 року почався спад показника-стимулятора CE7, що має високий вплив на загальну групу показників.

Таблиця 2.2 – Інтегральні показники по групі стан розвитку безготівкової економіки в розрізі країн Netherlands, Poland, Ukraine за кожен рік з 2011р. по 2021р.

CE	Netherlands	Poland	Ukraine
2011	0,81075	0,96177	1,11855
2012	0,80410	0,82299	1,25240
2013	0,75467	0,65993	1,08500
2014	0,83680	0,41157	1,08181
2015	0,79605	0,19706	0,94424
2016	0,91556	0,13733	0,67451
2017	0,94897	0,24852	0,83741
2018	0,96657	0,28814	0,67912
2019	1,03824	0,41883	0,55110
2020	1,07104	0,55479	0,44795
2021	1,05860	0,57318	0,41813
Середнє арифметичне по рокам	0,90921	0,47946	0,82638

Для групи інтегральних показників якості сервісів телекомунікаційних компаній, що виступають і як результат, і як фактори впливу на функціонування

цифрової економіки, інтерпретація розрахунків показує, що згідно даних таблиці 2.3 найбільші середні значення інтегральних показників у Нідерландах 0,741, що свідчить про найкращий стан показників якості сервісів телекомунікаційних компаній, що визначають рівень якості сервісів телекомунікаційних компаній у країні. Це підтверджується стабільно високими значеннями даних показників протягом останніх років. При цьому, бачимо з 2011 року по 2015 рік погіршення стану, що можна обумовити зростанням показників-дестимуляторів STK2, STK3, STK18, STK27, кожен з цих показників має високий вплив на загальну групу показників. Разом з цим можемо побачити невелике зменшення показників-стимуляторів, що також мають високий вплив на групу показників, такі як STK9, STK10, STK13.

Середні значення в Україні 0,591, також за останні роки бачимо позитивну динаміку, що свідчить про активний розвиток даної галузі. Хоча з 2011 року по 2019 рік був стрімкий спад розвитку сервісів телекомунікаційних компаній, це можна пояснити постійним зростанням показників-дестимуляторів STK2, STK3, STK18, STK27, кожен з яких має високий вплив на загальну групу показників. А з 2018 року почався активний запуск 4G технології в Україні STK26, також почали збільшуватися показники STK1, STK12, STK13, STK14, що також вплинуло на покращення загального стану групи показників.

Найнижчі значення у Польщі 0,428, що свідчить про недоліки у якості сервісів телекомунікаційних компаній та потребує додаткової уваги. Польща з 2011 року має постійне зростання трьох показників-дестимуляторів STK2, STK18, STK27, кожен з яких має високий вплив на загальну групу показників. При цьому можна побачити, що було активне зниження показників-стимуляторів STK19, STK20, STK21, STK22, майже кожен з цих показників має високий вплив на загальну групу показників якості сервісів телекомунікаційних компаній. З 2017 року почалося поступове збільшення показника за рахунок більш стрімкого розвитку показників-стимуляторів, таких як STK14, STK16 та інших показників.

Таблиця 2.3 – Інтегральні показники по групі якість сервісів телекомунікаційних компаній в розрізі країн Netherlands, Poland, Ukraine за кожен рік з 2011р. по 2021р.

STK	Netherlands	Poland	Ukraine
2011	0,90830	0,55595	1,102549
2012	0,76544	0,543657	0,912693
2013	0,70923	0,522981	0,799264
2014	0,66923	0,317081	0,594035
2015	0,65492	0,341792	0,566554
2016	0,77452	0,268515	0,534683
2017	0,80126	0,322846	0,419531
2018	0,73799	0,388913	0,36364
2019	0,74441	0,400601	0,297805
2020	0,64675	0,477757	0,383805
2021	0,74261	0,56592	0,52442
Середнє арифметичне по рокам	0,74133	0,42782	0,59082

Для групи інтегральних показників рівня тіньової економіки, що виступають і як фактори впливу, і як результат функціонування цифрової економіки, інтерпретація розрахунків показує, що згідно даних таблиці 2.4, найбільше середнє значення інтегрального показника має Україна 0,8 – це свідчить про найгірший стан показників рівня тіньової економіки. При цьому з 2015 року є стабільна тенденція до зменшення рівня тіньової економіки. Про це також свідчить стрімке зменшення показників-стимуляторів рівня тіньової економіки SE2, SE3 та стрімке збільшення показників-дестимуляторів SE4, SE5, усі зазначені показники мають високий вплив на загальну групу показників.

Також досить велике значення у Польщі 0,771, що має динаміку зниження рівня тіньової економіки останніми роками. Також відслідковується зменшення значень усіх показників-стимуляторів та стабільно високий рівень показників-дестимуляторів.

Найнижче значення у Нідерландах 0,683, при цьому значення є доволі стабільним та мають невеликі зміни за останні роки. Показники стимулятори групи рівня тіньової економіки Нідерландів мають незначні коливання з року в рік.

Усі три країни мають великий рівень тіньової економіки, якщо аналізувати вихідні показники, що були використані у дипломній роботі. Ці країни потребують уваги для поступового зменшення цього рівня.

Таблиця 2.4 – Інтегральні показники по групі рівень тіньової економіки в розрізі країн Нідерланди, Польща, Україна за кожен рік з 2011р. по 2021р.

SE	Netherlands	Poland	Ukraine
2011	0,97399	1,10019	1,01537
2012	0,70034	1,06413	0,81850
2013	0,56321	0,93635	0,71500
2014	0,57602	0,81105	1,10893
2015	0,29754	0,55539	1,01733
2016	0,57635	0,60620	0,86221
2017	0,71005	0,70105	0,84510
2018	0,77110	0,29839	0,72884
2019	0,80559	0,81672	0,64477
2020	0,75424	0,79975	0,53576
2021	0,78218	0,78777	0,50980
Середнє арифметичне по рокам	0,68279	0,77063	0,80015

Після чого виведено загальні інтегральні показники разом по всім показникам в розрізі кожної країни за кожен рік, а також середні арифметичні по рокам в розрізі країн.

Так, економічна інтерпретація проведених розрахунків для комплексних інтегральних показників, показує, що згідно даних таблиці 2.5 найбільші середні значення комплексних інтегральних показників у Нідерландах 1,01 – це свідчить про найкращий стан показників, що визначають найвищий рівень розвитку цифрової економіки серед обраного кластеру країн. Це також підтверджується стабільно високими значеннями даних показників протягом останніх десяти років.

Середній рівень інтегральних показників має Україна 0,832, що свідчить про добрий стан показників, що визначають рівень розвитку цифрової економіки, це підтверджується також досить високими значеннями даних показників з 2011 року по

2014 рік, з певним зниженням рівня з 2015 року по 2019 рік, з 2020 року можемо бачити тенденцію на покращення рівня.

Найнижче, але не критичне значення у Польщі 0,629, при цьому країна з 2016 року має позитивну динаміку у покращенні рівня цифрової економіки.

Таблиця 2.5 – Узагальнюючі інтегральні показники стану цифрового економічного розвитку країн Європи в розрізі країн Нідерланди, Польща, Україна за кожен рік з 2011р. по 2021р.

R	Netherlands	Poland	Ukraine
2011	0,91101	0,78622	1,06695
2012	0,95786	0,74916	1,11776
2013	0,98316	0,71699	1,06644
2014	0,99065	0,54390	0,83372
2015	1,20557	0,49498	0,80715
2016	1,07154	0,39328	0,74787
2017	1,02308	0,48552	0,74633
2018	0,97437	0,72148	0,69715
2019	0,98627	0,59005	0,63375
2020	0,97202	0,69203	0,68463
2021	1,00168	0,74396	0,75486
Середнє арифметичне по рокам	1,00702	0,62887	0,83242

Отже, високий рівень інтегральних показників свідчить про розвиток цифрової економіки, а низький рівень інтегральних показників для держави означає тривожний індикатор, оскільки це свідчатиме про низький рівень розвитку безготівкової економіки, якості сервісів телекомунікаційних компаній та високий рівень тіньової економіки. Тому, представникам керівної ланки держави варто регулярно, уважно, ретельно, безперервно відслідковувати фактори, що спричинили зниження інтегральних показників, для вжиття відповідних заходів.



## 2.3 Розробка програмного застосунку для автоматизації методики розрахунків

На початку роботи, за допомогою пакета інструментів Microsoft Excel спрогнозовано дані показників, які були відсутні в інформаційних джерелах (рисунок 2.21 – 2.22).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: A (Country), B (Year), C (Account (% age 15+)), D (Borrowed from a financial institution (% age 15+)), E (Made or received digital payment (% age 15+)), F (Made a payment (% age 15+)), G (Received payment (% age 15+)), H (Received payment via pension or wages (% age 15+)), I (Received payment via mobile phone or internet (% age 15+)), J (Used a mobile phone or the internet to check account balance (% age 15+)), K (Made a utility payment using an account (% age 15+)), L (Saved at a financial institution (% age 15+)), M (Saved for old age (% age 15+)), N (Used a credit card (% age 15+)), O (Access to a mobile phone (% age 15+)), P (Access to internet (% age 15+)), Q (Mkts per 100,000 adults), R (Branches per 100,000 adults), S (Outstanding loans with commercial banks), T (Active mobile broadband subscriptions per 100 inhabitants), U (Female internet users as a % of total population), V (Fixed broadband subscriptions per 100 inhabitants), W (Fixed broadband subscriptions >10 Mbit/s), X (Fixed broadband subscriptions 2 to 10 Mbit/s), Y (Fixed broadband subscriptions <2 Mbit/s), Z (Fixed broadband subscriptions per 100 inhabitants), AA (Households with internet access at home (%)), AB (Households with internet access at home (%)), AC (Individuals using the internet total (%)), AD (Individuals using the internet total (%)), AE (Individuals using the internet total (%)), AF (Individuals using the internet total (%)), AG (Individuals using the internet total (%)), AH (Individuals using the internet total (%)), AI (Individuals using the internet total (%)), AJ (Individuals using the internet total (%)), AK (Individuals using the internet total (%)), AL (Individuals using the internet total (%)), AM (Individuals using the internet total (%)), AN (Individuals using the internet total (%)), AO (Individuals using the internet total (%)), AP (Individuals using the internet total (%)), AQ (Individuals using the internet total (%)), AR (Individuals using the internet total (%)), AS (Individuals using the internet total (%)), AT (Individuals using the internet total (%)), AU (Unemployment rate (%)), AV (Unemployment rate (%)), AW (Unemployment rate (%)), AX (Unemployment rate (%)), AY (Unemployment rate (%)).

Рисунок 2.21 – Прогнозування даних за допомогою Microsoft Excel

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: A (Country), B (Year), C (Fixed broadband subscriptions per 100 inhabitants), D (Fixed broadband subscriptions >10 Mbit/s), E (Fixed broadband subscriptions 2 to 10 Mbit/s), F (Fixed broadband subscriptions <2 Mbit/s), G (Fixed broadband subscriptions per 100 inhabitants), H (Households with internet access at home (%)), I (Households with internet access at home (%)), J (Individuals using the internet total (%)), K (Individuals using the internet total (%)), L (Individuals using the internet total (%)), M (Individuals using the internet total (%)), N (Individuals using the internet total (%)), O (Individuals using the internet total (%)), P (Individuals using the internet total (%)), Q (Individuals using the internet total (%)), R (Individuals using the internet total (%)), S (Individuals using the internet total (%)), T (Individuals using the internet total (%)), U (Individuals using the internet total (%)), V (Individuals using the internet total (%)), W (Individuals using the internet total (%)), X (Individuals using the internet total (%)), Y (Individuals using the internet total (%)), Z (Individuals using the internet total (%)), AA (Individuals using the internet total (%)), AB (Individuals using the internet total (%)), AC (Individuals using the internet total (%)), AD (Individuals using the internet total (%)), AE (Individuals using the internet total (%)), AF (Individuals using the internet total (%)), AG (Individuals using the internet total (%)), AH (Individuals using the internet total (%)), AI (Individuals using the internet total (%)), AJ (Individuals using the internet total (%)), AK (Individuals using the internet total (%)), AL (Individuals using the internet total (%)), AM (Individuals using the internet total (%)), AN (Individuals using the internet total (%)), AO (Individuals using the internet total (%)), AP (Individuals using the internet total (%)), AQ (Individuals using the internet total (%)), AR (Individuals using the internet total (%)), AS (Individuals using the internet total (%)), AT (Individuals using the internet total (%)), AU (Unemployment rate (%)), AV (Unemployment rate (%)), AW (Unemployment rate (%)), AX (Unemployment rate (%)), AY (Unemployment rate (%)).

Рисунок 2.22 – Прогнозування даних за допомогою Microsoft Excel

Для кластерного аналізу використовувалося програмне забезпечення STATISTICA, пакет «Multivariate Exploratory Techniques» – «Cluster Analysis» – k-

means clustering (метод к-середніх) – analysis of variance (дисперсійний аналіз) (рисунок 2.23 – 2.24).

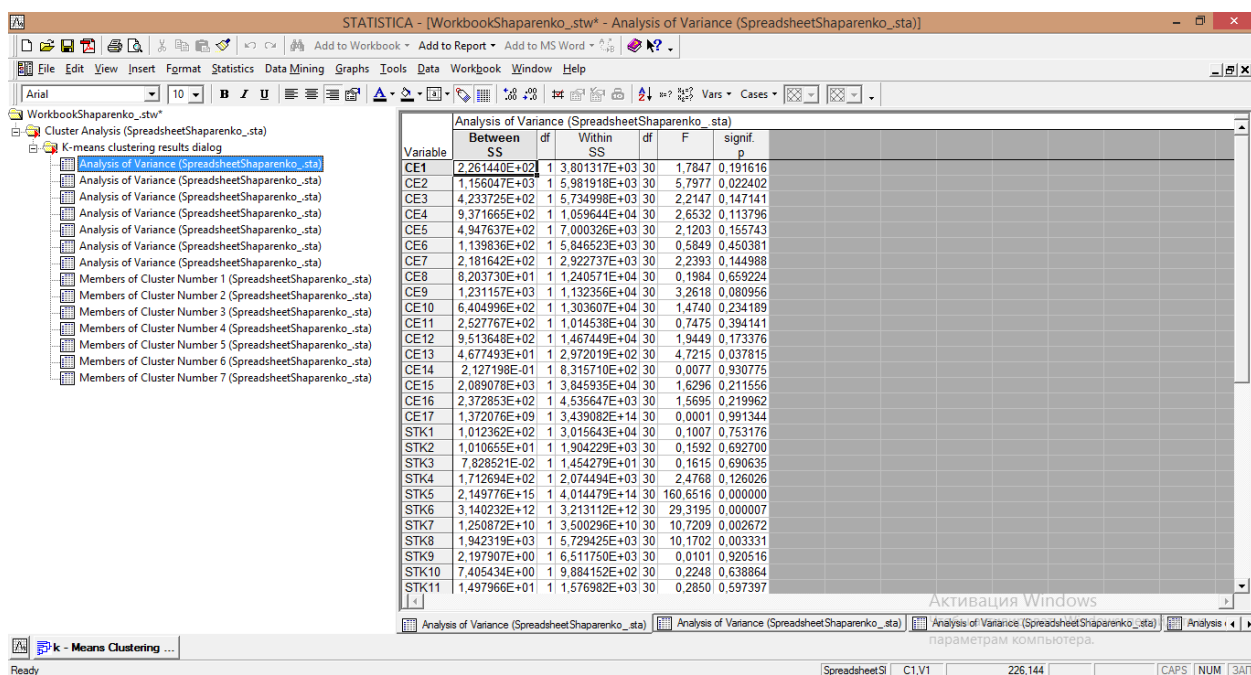


Рисунок 2.23 – Результати дисперсійного аналізу за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

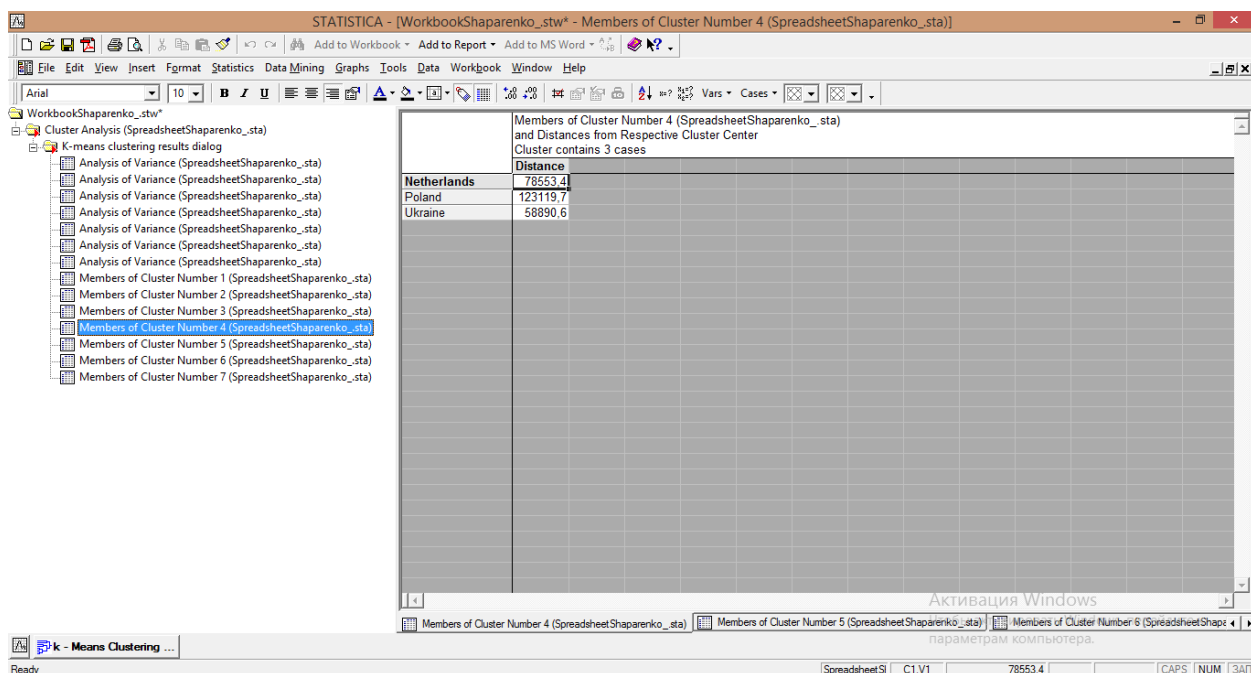


Рисунок 2.24 – Результати розподілу країн на умовні кластери за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

Канонічний аналіз, а саме залежність між групами показників у вигляді трьох результативних таблиць було почергово визначено за допомогою програмного пакету Statistica 10 та Statistica Portable, шляхом застосування функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Canonical Analysis» (рисунок 2.25).

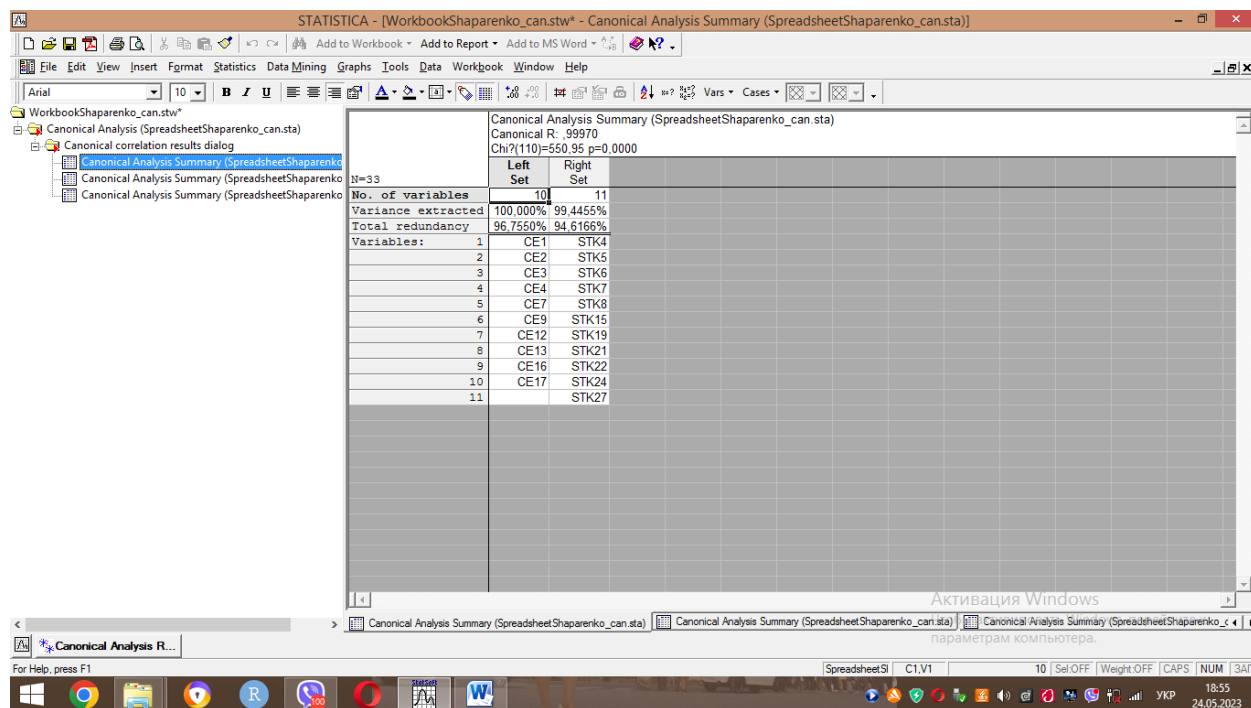


Рисунок 2.25 – Результати канонічного аналізу за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

Факторний аналіз було проведено шляхом використання методу головних компонент. Факторний аналіз реалізовано за допомогою програмного пакету Statistica 10 та Statistica Portable, шляхом застосування функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» на основі вхідної вибірки даних (рисунок 2.26).

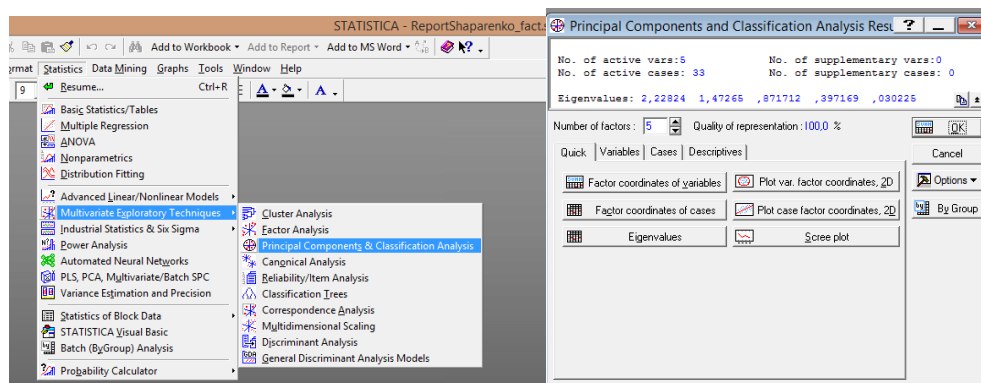


Рисунок 2.26 – Застосування функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» у програмному забезпеченні STATISTICA

За допомогою функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Scree plot», побудовано графіки кам'янистого осипу власних значень кореляційної матриці вхідних даних оцінювання груп показників (рисунок 2.27).

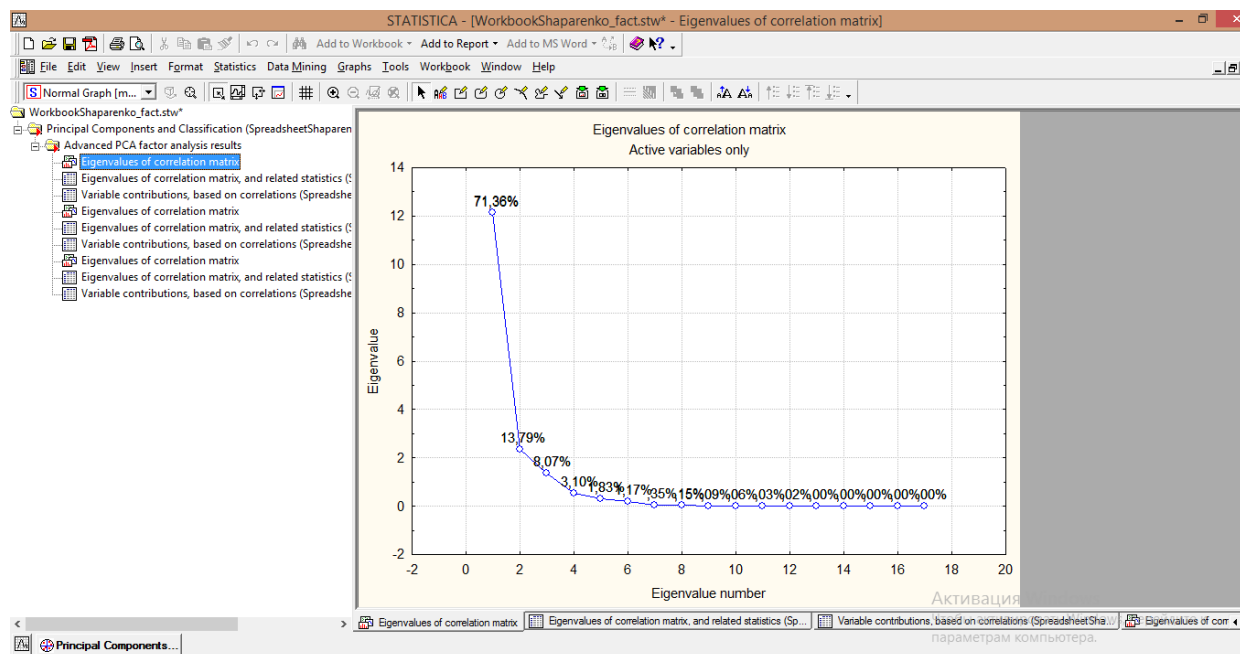


Рисунок 2.27 – Графік кам'янистого осипу, що побудований за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

За допомогою функції функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Eigenvalues», побудовано таблицю власних значень кореляційної матриці та похідних статистичних показників обраних груп (рисунок 2.28).

Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	12.13104	71.35904	12.13104	71.35904
2	2.34411	13.78891	14.47515	85.14795
3	1.37138	8.06695	15.84653	93.21490
4	0.52697	3.09982	16.37350	96.31472
5	0.31089	1.82875	16.68439	98.14347
6	0.19835	1.16674	16.88274	99.31021
7	0.05922	0.34837	16.94196	99.65858
8	0.02489	0.14639	16.96684	99.80497
9	0.01456	0.08564	16.98140	99.89061
10	0.00980	0.05766	16.99120	99.94827
11	0.00466	0.02741	16.99587	99.97568
12	0.00305	0.01795	16.99892	99.99363
13	0.00072	0.00424	16.99964	99.99797
14	0.00018	0.00107	16.99982	99.99899
15	0.00013	0.00075	16.99995	99.99974
16	0.00005	0.00031	17.00000	100.00000
17	0.00000	0.00000	17.00000	100.00000

Рисунок 2.28 – Таблиця власних значень кореляційної матриці та похідних статистичних показників, що побудована за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

За допомогою функції «Multivariate Exploratory Techniques» – «Principal Components and Classification Analysis» – «Contributions», формуємо вкладку змінних показників обраних груп (рисунок 2.29).



Variable contributions, based on correlations (SpreadsheetShaparenko\_fact.sta)

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11	Factor 12	Factor 13	Factor 14	Factor 15
CE1	0.076634	0.001645	0.015683	0.018620	0.022175	0.000410	0.026581	0.008892	0.013946	0.024399	0.005110	0.313320	0.085879	0.042995	0.315008
CE2	0.046162	0.085441	0.020055	0.114996	0.118558	0.569258	0.029778	0.000472	0.002587	0.000000	0.000009	0.011633	0.000183	0.000008	0.000678
CE3	0.080969	0.001461	0.000617	0.024011	0.000443	0.000001	0.000171	0.008116	0.028970	0.000061	0.004674	0.039574	0.005283	0.125327	0.179292
CE4	0.080905	0.001634	0.000802	0.018775	0.003970	0.000336	0.013680	0.016676	0.042362	0.026179	0.005109	0.015425	0.000471	0.001090	0.154411
CE5	0.072942	0.005989	0.019769	0.129456	0.000097	0.002119	0.047360	0.008197	0.007581	0.131158	0.117538	0.106266	0.027617	0.038709	0.022682
CE6	0.038232	0.068085	0.240972	0.074216	0.000259	0.001047	0.088617	0.000090	0.009306	0.000176	0.251177	0.024232	0.138107	0.058121	0.000984
CE7	0.070248	0.020222	0.009911	0.000169	0.194569	0.075961	0.097854	0.178919	0.004589	0.031236	0.087621	0.042047	0.010680	0.004726	0.013414
CE8	0.081039	0.000976	0.003542	0.000267	0.011358	0.010657	0.000128	0.137736	0.012263	0.003564	0.008668	0.041581	0.096972	0.499795	0.004980
CE9	0.079919	0.000004	0.014716	0.005152	0.003241	0.005471	0.004398	0.117981	0.010229	0.092559	0.171082	0.090932	0.186818	0.137544	0.076570
CE10	0.073040	0.023875	0.023025	0.011039	0.047278	0.001649	0.017269	0.079161	0.032531	0.181138	0.166609	0.023706	0.213508	0.008668	0.018534
CE11	0.061065	0.000574	0.016590	0.381902	0.053102	0.059190	0.004695	0.143114	0.076207	0.061408	0.002093	0.000382	0.068479	0.017826	0.023174
CE12	0.078913	0.000130	0.003771	0.003650	0.088921	0.012725	0.057489	0.000917	0.001343	0.022959	0.193374	0.157223	0.074658	0.032606	0.169680
CE13	0.027145	0.237503	0.039371	0.017878	0.046936	0.114353	0.123755	0.109220	0.146317	0.103408	0.000376	0.027398	0.001385	0.001300	0.003021
CE14	0.073081	0.011253	0.004235	0.028444	0.144912	0.048693	0.032466	0.045259	0.528428	0.070870	0.001171	0.005006	0.000936	0.000044	0.002489
CE15	0.051044	0.110635	0.000491	0.147634	0.029895	0.078381	0.209079	0.136009	0.055006	0.146605	0.014556	0.118786	0.001922	0.000077	0.002242
CE16	0.004131	0.157827	0.412107	0.021389	0.004100	0.000312	0.008354	0.006342	0.002040	0.086785	0.067291	0.079823	0.085218	0.026771	0.014615
CE17	0.002479	0.272746	0.174340	0.002402	0.230585	0.019426	0.236526	0.002900	0.026296	0.018045	0.007642	0.002667	0.001885	0.001793	0.000066

Рисунок 2.29 – Вкладка змінних показників, що побудовані за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

За допомогою функції «Data» – «Standardize» було проведено стандартизацію (нормалізацію) вхідних даних (рисунок 2.30).

[Data: SpreadsheetShaparenko\_stand.sta (49v by 33c)]

	1 CE1	2 CE2	3 CE3	4 CE4	5 CE5	6 CE6	7 CE7	8 CE8	9 CE9	10 CE10	11 CE11	12 CE12	13 CE13	14 CE14	15 CE15	16 CE16	17 CE17	18 STK1	19 ST1
Netherlands2011	0.946547	-1.65258	1.027143	1.009149	1.76102	1.101889	1.060592	0.828358	0.862763	1.157651	0.05435	1.160254	-0.85266	0.740932	0.296333	-0.64684	1.3403642	-0.58493	-0.7
Poland2011	-0.5974	-2.00218	-1.06636	-1.11964	-0.82637	-1.7426	-0.86648	-0.67334	-0.84947	-0.66663	-1.01724	-1.26073	-1.69037	-0.87841	0.45879	-0.66466	1.30645709	-0.6417	0.22
Ukraine2011	-2.16637	-2.17488	-1.92465	-1.80125	-1.72667	-1.05638	-1.31059	-1.77903	-1.73642	-1.24269	-0.79675	-1.40026	-1.82784	-2.13347	-0.78779	-0.01418	0.921722919	-1.42363	3.14
Netherlands2012	0.958065	-0.77634	1.033806	1.017171	1.663827	1.096503	1.039102	0.870961	0.877633	1.174679	0.104128	1.159446	-0.65276	0.771708	0.414545	-0.6425	1.13904883	-0.43561	-0.71
Poland2012	-0.45876	-1.32401	-0.91882	-0.98621	-0.73343	-1.63093	-0.76388	-0.56636	-0.73298	-0.62358	-0.91106	-1.13916	-1.38701	-0.72479	0.312673	-0.66604	1.29084384	-0.4908	0.17
Ukraine2012	-1.95942	-1.6385	-1.77477	-1.6871	-1.59588	-0.91798	-1.29213	-1.71484	-1.70223	-1.20559	-0.78437	-1.32142	-1.49301	-1.9448	-0.98989	0.324627	0.740809404	-1.40517	2.62
Netherlands2013	0.969584	0.099894	1.040478	1.025211	1.568211	1.091125	1.017738	0.914192	0.892586	1.191707	0.276876	1.158638	-0.44916	0.802682	0.515561	-0.63511	1.26079959	-0.38528	-0.81
Poland2013	-0.32012	-0.64583	-0.7635	-0.84186	-0.63795	-1.50803	-0.65526	-0.44898	-0.60276	-0.58053	-0.79074	-1.00578	-1.07438	-0.56375	0.195571	-0.65605	1.03575336	-0.55191	0.15
Ukraine2013	-1.75247	-1.10211	-1.61331	-1.5592	-1.45826	-0.76892	-1.27342	-1.63608	-1.65662	-1.1685	-0.77183	-1.23699	-1.14674	-1.73765	-1.20655	0.493926	-0.160672265	-1.39048	1.81
Netherlands2014	0.981102	0.976132	1.047159	1.033267	1.474147	1.085754	0.996499	0.958061	0.90762	1.208736	0.46518	1.15783	-0.24178	0.833854	0.472171	-0.62415	0.870089049	-0.30357	-0.7
Poland2014	-0.18148	0.03235	-0.6	-0.68567	-0.53987	-1.37276	-0.54026	-0.32355	-0.45722	-0.53747	-0.65439	-0.85944	-0.75221	-0.39492	-0.06112	-0.66503	0.534151316	-0.00286	-0.02
Ukraine2014	-1.54551	-0.56572	-1.43939	-1.4159	-1.31345	-0.60837	-1.25444	-1.53944	-1.59579	-1.1314	-0.75914	-1.14657	-0.78863	-1.51019	-1.03811	0.728803	-0.97747756	-1.36833	1.271
Netherlands2015	0.987286	1.078055	1.043963	1.038093	1.283592	1.054364	1.055289	1.002576	0.962093	1.215111	0.753214	1.15355	-0.03055	0.865226	0.749901	-0.61991	1.00435752	0.475917	-0.71
Poland2015	-0.02109	0.178319	-0.31821	-0.34133	-0.39865	-1.25593	-0.0186	-0.18837	-0.19441	-0.35799	-0.54989	-0.45123	-0.42019	-0.21794	-0.27728	-0.66309	-0.00489370503	-0.50827	-0.01
Ukraine2015	-1.36132	-0.56527	-1.23189	-1.24119492	1.1893	-0.29076	-1.17805	-1.42087	-1.38841	-1.05381	-0.83573	-1.09258	-0.41828	-1.26044	-0.85923	1.246052	-0.780402481	-1.36097	1.10
Netherlands2016	0.99347	1.179979	1.040768	1.04292	1.093037	1.022974	1.114078	1.047747	1.016566	1.221487	1.041248	1.14927	0.184603	0.896799	0.919883	-0.61025	0.973109329	0.611895	-0.77
Poland2016	0.139309	0.324289	-0.03642	0.003007	-0.25744	-1.13909	0.503059	-0.04268	0.068402	-0.1785	-0.4454	-0.04302	-0.07804	-0.03241	-0.42721	-0.66296	-0.421017092	0.620198	-0.7
Ukraine2016	-1.17712	-0.56483	-1.02438	-1.06649	-0.92441	0.02686	-1.10166	-1.27539	-1.18103	-0.97623	-0.91233	-1.03859	-0.03527	-0.98622	-0.89878	1.512012	-0.946193824	-1.10498	0.75
Netherlands2017	0.999654	1.281902	1.037572	1.047746	0.902482	0.991584	1.127868	1.093585	1.071039	1.227863	1.329282	1.14499	0.403745	0.928575	1.17663	-0.60627	0.479529832	0.62039	-0.7
Poland2017	0.299704	0.470259	0.245372	0.347346	-0.11622	-1.02226	1.024719	0.114348	0.331211	0.000985	-0.3409	0.365188	0.274556	0.162076	-0.40622	-0.66091	-0.648338375	1.161878	-0.31
Ukraine2017	-0.92953	-0.56438	-0.81688	-0.89179	-0.7299	0.344476	-1.02528	-1.09688	-0.97365	-0.89014	-0.98992	-0.9846	0.360822	-0.68512	-1.09279	1.715555	-1.07441379	-0.78543	0.41
Netherlands2018	1.000949	1.195322	1.051725	1.058346	0.891127	1.005778	1.092466	1.141136	1.057081	1.301641	1.585462	1.146787	0.31408	0.956297	1.532064	-0.59806	0.547855763	0.651368	-0.7
Poland2018	0.421569	0.511733	0.387269	0.46823	-0.03068	-0.75616	0.887943	0.30437	0.541607	0.045312	-0.01331	0.436642	0.759592	0.084878	-0.37187	-0.66145	-1.1721743	1.446976	-0.4
Ukraine2018	-0.71273	-0.19884	-0.55812	-0.61722	-0.56351	0.488508	-1.04741	-0.79138	-0.73342	-0.92587	-0.90816	-0.81496	0.209179	-0.41523	-1.08418	1.813472	-1.43973664	-0.67794	0.24
Netherlands2019	1.022245	1.108742	1.065878	1.068946	0.879772	1.019973	1.012064	1.188688	1.043123	1.374166	1.841641	1.148585	1.031038	0.992642	1.5355117	-0.57958	0.501519693	0.703959	-0.1

Рисунок 2.30 – Вкладка зі стандартизованими вхідними даними, що побудована за допомогою програмного забезпечення STATISTICA

За допомогою пакета інструментів Microsoft Excel було проведено процедуру згортки та обчислення інтегральних показників по кожній групі, також було розраховано інтегральний індикатор стану цифрового економічного розвитку країн Європи (рисунок 2.31).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a formula bar containing:  $=\text{ABS}(\text{ПРОИЗВЕД}(\text{AU8:AY8}))^{1/5}$ . The spreadsheet contains a large table with columns labeled with letters (AH to BG) and rows containing numerical data. The table is titled 'Тіньова економіка' and includes various indicators like 'Internet u', 'Mobile br', 'Population', etc. The data is organized in a grid format with some cells highlighted in red.

Рисунок 2.31 – Обчисленні інтегральні показники по кожній групі, що були підраховані за допомогою пакета інструментів Microsoft Excel

Розраховані інтегральні показники по кожній групі показників у розрізі кожної країни за кожен рік, а також середні арифметичні по рокам в розрізі країн, було сформовано у таблиці за допомогою інструментів Microsoft Excel (рисунок 2.32).

CE	Netherlands	Poland	Ukraine	STK	Netherlands	Poland	Ukraine	SE	Netherlands	Poland	Ukraine	R	Netherlands	Poland	Ukraine
2011	0,81075417	0,961777	1,11855	2011	0,90830344	0,55595	1,10255	2011	0,97399272	1,10019	1,01537	2011	0,91100651	0,78622	1,06695
2012	0,80410346	0,82299	1,2524	2012	0,7654362	0,54366	0,91269	2012	0,70033983	1,06413	0,8185	2012	0,9578644	0,74916	1,11776
2013	0,7546723	0,65993	1,085	2013	0,70923208	0,52298	0,79926	2013	0,56321363	0,93635	0,715	2013	0,98316077	0,71699	1,06644
2014	0,8367981	0,41157	1,08181	2014	0,66922517	0,31708	0,59404	2014	0,57601947	0,81105	1,10893	2014	0,99064624	0,5439	0,83372
2015	0,79605375	0,19706	0,94424	2015	0,65491969	0,34179	0,56655	2015	0,29754412	0,55539	1,01733	2015	1,20557164	0,49498	0,80715
2016	0,91555614	0,13733	0,67451	2016	0,7745158	0,26852	0,53468	2016	0,57635275	0,6062	0,86221	2016	1,07154142	0,39328	0,74787
2017	0,94896681	0,24852	0,83741	2017	0,80126334	0,32285	0,41953	2017	0,71005393	0,70105	0,8451	2017	1,02308485	0,48552	0,74633
2018	0,96656957	0,28814	0,67912	2018	0,7379878	0,38891	0,36364	2018	0,77110141	0,29839	0,72884	2018	0,97436932	0,72148	0,69715
2019	1,03823648	0,41883	0,5511	2019	0,74441128	0,4006	0,29781	2019	0,80559485	0,81672	0,64477	2019	0,98627384	0,59005	0,63375
2020	1,07103563	0,55479	0,44795	2020	0,64675035	0,47776	0,3838	2020	0,75424263	0,79975	0,53576	2020	0,97202292	0,69203	0,68463
2021	1,05859993	0,57318	0,41813	2021	0,74260855	0,56592	0,52442	2021	0,78217966	0,78777	0,5098	2021	1,00167868	0,74396	0,75486
Середнє арифметичне по рокам	0,9092133	0,47946	0,82638	Середнє арифметичне по рокам	0,74133	0,42782	0,59082	Середнє арифметичне по рокам	0,68279	0,77063	0,80015	Середнє арифметичне по рокам	1,00702	0,62887	0,83242

Рисунок 2.31 – Таблиці з розрахованими інтегральними показниками, а також середні арифметичні по рокам, що були сформовані за допомогою пакета інструментів Microsoft Excel

## ВИСНОВКИ

З огляду на вищевикладене, зазначмо, що cashless economy, сервіси телекомунікаційних компаній та індикатори тіньової економіки є важливими сучасними економічними питаннями для поглиблених досліджень. Так у роботі виконано теоретичний огляд літературних надбань досліджуваних питань: cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній і тіньової економіки, взаємозв'язків між цими науковими категоріями, моделювання, моделювання методи data mining, моделювання процесів досліджуваних понять. Побудовано структурно-логічну схему взаємозв'язків між досліджуваними поняттями.

Висвітлено новітні ефективні методики моделювання cashless economy: моделювання впровадження безготівкового електронного гаманця; моделювання зв'язку між безготівковим суспільством та кіберзлочинністю, модель використання безготівкового мобільних торгових точок; моделювання довіри та лояльності клієнтів до мобільних безготівкових платежів; моделювання поведінки користувачів безготівкових платіжних інструментів (кредитних карток). Виділено сучасні дієві методики моделювання сервісів телекомунікаційних компаній: модель прогнозування лояльності та відтоку клієнтів телекомунікаційних компаній, модель відносин клієнтів до компаній галузі телекомунікацій при переключенні споживачів, модель впливу особливостей мобільності людини (через послуги телекомунікаційних компаній) на короткострокове прогнозування злочинності, модель аналізу потенціалу телекомунікаційних операторів, концептуальна модель ціннісних інновацій та її вплив на ефективність організацій телекомунікаційної галузі.

Описано сучасні методичні підходи до моделювання тіньової економіки: модель оцінки неформальної економіки за допомогою підходу моделювання структурних рівнянь, модель взаємозв'язку тіньової банківської діяльності та зростання депозитів комерційних банків; модель оцінки рівня тіньової економіки; модель вимірювання тіньової економіки та її рушіїв; модель оцінки неформальної роботи в бізнес-циклі.



Була поставлена задача моделювання та сформовані вимоги до моделі та її критерії, яким вона повинна відповідати.

Математична модель була розроблена та побудована у п'ятьох етапах.

Першим етапом було сформовано три групи показників з ключовими ознаками.

На другому етапі було проведено кластерний аналіз за допомогою методу к-середніх. Математична модель була перевірена на адекватність. Для більш значущих результатів, для кластерного аналізу було взято лише 11 статистично значущих або близьких до таких показників із 49 початкових. Було визначено 5 окремих кластерів, що містять групування країн Європи згідно обраних ключових показників. Україна потрапила у третій умовний кластер разом з Польщею та Нідерландами

Третій етап включав в себе канонічний аналіз. Для його проведення було обрано кластер, у якому знаходилася Україна та було відібрано допустимі по значимості 26 показників, згідно показників адекватності кластерного аналізу. У результатів, в усіх трьох випадках було доведено, що існує сильний зв'язок між групами показників. Також було визначено, яка група показників є причиною, а яка є наслідком.

На четвертому етапі, було проведено факторний аналіз, під час якого було визначено вплив кожного показника на його групу показників.

Останнім п'ятим етапом була побудова інтегральних показників кожної групи та загальний індикаторний показник по рокам. За результатами розрахунків отримали, що найбільші середні значення комплексних інтегральних показників у Нідерландах, а це свідчить про найкращий стан показників, що визначають найвищий рівень розвитку цифрової економіки серед обраного кластеру країн. Середній рівень інтегральних показників має Україна, що говорить про добрий стан показників. Найнижче, але не критичне значення у Польщі, при цьому країна з 2016 року має позитивну динаміку покращення рівня цифрової економіки.

Для автоматизації підрахунків було використано інструменти програмного продукту Microsoft Excel та різні функції програмного забезпечення Statistica 10 та Statistica Portable.

Цифрові технології продовжують удосконалюватися, і використання інструментів cashless economy, цифрових сервісів телекомунікаційних компаній,

надалі зростатимуть, все більше споживачів будуть реалізовувати цифрові транзакції. І, відповідно, зі зростанням обсягів безготівкових операцій посилюється ризик можливих зловживань, шахрайств, зростання тінізації економіки. Тому увага науковців цифрового світу повинна бути спрямована на формування комплексного моделювання зв'язків cashless есоному, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки. Що дозволить керівному персоналу та уряду запровадити більш чіткі та жорсткіші нормативні акти щодо безпеки цифрових, безготівкових сервісів, посилення політики безпеки цифрових операцій, покращення конфіденційності даних та інформації, створити для користувачів безготівкових, цифрових послуг безпечніше середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт НДЕІ про НДР “Гармонізація моделі розрахунку рівня тіньової економіки в розрізі видів економічної діяльності відповідно до оновлених міжнародних стандартів у сфері статистики національних рахунків (СНР-2008 та КВЕД-2010)”, 2014.
2. Мобільний оператор lifecell: вебсайт. Послуги. URL: <https://www.lifecell.ua/uk/> (дата звернення: 20.04.2023).
3. Барановський О. І.. Економіка тіньова. Енциклопедія Сучасної України: онлайн-версія / редкол.: Дзюба І. М. та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2009. URL: <https://esu.com.ua/article-18747> (дата звернення: 20.04.2023).
4. Чернявський С. С., Некрасов В. А., Титко А. В. Тіньова економіка в Україні: стан, тенденції, шляхи подолання. Київ: Нац. акад. внутр. справ, 2017. 152 с.
5. Adalbert Abraham Ghislain, M. B. Does the diffusion of information and communication technologies affect the shadow economy in africa? African Development Review, 2022. № 34(4). P. 513–526. doi:10.1111/1467-8268.12676 (Last accessed: 24.04.2023).
6. Alarefi, M. Adoption of IoT by telecommunication companies in GCC: The role of blockchain. Decision Science Letters, 2023. № 12(1). P. 55–68. doi:10.5267/j.dsl.2022.10.006 (Last accessed: 24.04.2023).
7. Albertini, J., Poirier, A., & Sopraseuth, T. Informal work along the business cycle: Evidence from argentina. IZA Journal of Development and Migration, 2022. № 11(1). doi:10.2478/izajodm-2020-0019 (Last accessed: 25.04.2023).
8. Almenar, V., Sánchez, J. L., & Sapena, J. Measuring the shadow economy and its drivers: The case of peripheral EMU countries. Economic Research-Ekonomska Istrazivanja, 2022. № 33(1). P. 2904-2918. doi:10.1080/1331677X.2019.1706601 (Last accessed: 25.04.2023).

9. Amani, D. Circumventing customers' switching behavior in telecommunication industry in tanzania: Insight from Sternberg's triangular theory of love. *Cogent Social Sciences*, 2022. № 8(1). doi:10.1080/23311886.2022.2042078 (Last accessed: 25.04.2023).
10. Anaza, N. A., Bennett, D. H. S., Andonova, Y., & Anaza, E. DPS 2.0: On the road to a cashless society. *Marketing Letters*, 2022. № 33(4). P. 693–704. doi:10.1007/s11002-022-09641-8 (Last accessed: 26.04.2023).
11. Arora, D., & Kashiramka, S. What drives the growth of shadow banks? Evidence from emerging markets. *Emerging Markets Review*, 2023. № 54. doi:10.1016/j.ememar.2022.100993 (Last accessed: 26.04.2023).
12. Arsyianti, L. D., & Adelia. Sharia-compliant credit card exposure and utilisation in the growing digital economy. *Journal of Islamic Monetary Economics and Finance*, 2019. № 5(4). P. 891–918. doi:10.21098/jimf.v5i4.1138 (Last accessed: 26.04.2023).
13. Attiq, S., Hasni, M. J. S., & Zhang, C. Antecedents and consequences of brand hate: A study of Pakistan's telecommunication industry. *Journal of Consumer Marketing*, 2023. № 40(1). P. 1–14. doi:10.1108/JCM-04-2021-4615 (Last accessed: 26.04.2023).
14. Awuku, E., Agyei, P. M., & Gonu, E. Service innovation practices and customer loyalty in the telecommunication industry. *PLoS ONE*, 2023. № 18(3 March). doi:10.1371/journal.pone.0282588 (Last accessed: 26.04.2023).
15. Bellacosa, M. The payments revolution. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 2019. № 13(3). P. 187–204.
16. Boitan, I. A., & Ștefoni, S. E. Digitalization and the shadow economy: Impact assessment and policy implications for EU countries. *Eastern European Economics*, 2023. № 61(2). P. 152–180. doi:10.1080/00128775.2022.2102508 (Last accessed: 27.04.2023).
17. Bublyk, Y., Shapoval, Y., Shpanel-Yukhta, O., & Brus, S. Effect of financial access on cashless economy: the case of Ukraine. *Banks and Bank Systems*, 2023. № 18(1). P. 91–102. doi:10.21511/bbs.18(1).2023.08 (Last accessed: 21.04.2023).
18. Dell'Anno, R. Measuring the unobservable: Estimating informal economy by a structural equation modeling approach. *International Tax and Public Finance*, 2023. № 30(1). P. 247–277. doi:10.1007/s10797-022-09742-0 (Last accessed: 20.04.2023).

19. Demircuc-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., & Hess, J. The Global Findex Database 2017: Measuring Financial Inclusion and the Fintech Revolution. World Bank Group, 2018.

20. European Central Bank. Guaranteeing freedom of payment choice: access to cash in the euro area, 2022. URL: [https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/articles/2022/html/ecb.ebart202205\\_02~74b1fc0841.en.html](https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/articles/2022/html/ecb.ebart202205_02~74b1fc0841.en.html) (Last accessed: 20.04.2023).

21. European Central Bank. Study on the payment attitudes of consumers in the euro area (SPACE), 2022. URL: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.spacereport202012~bb2038bbb6.en.pdf> (Last accessed: 20.04.2023).

22. Fareniuk, Y., Zatonatska, T., Dluhopolskyi, O., & Kovalenko, O. Customer churn prediction model: a case of the telecommunication market. *Economics*, 2022. № 10(2). P. 109–130. doi:10.2478/eoik-2022-0021 (Last accessed: 30.04.2023).

23. Gnanngnon, S. K. Effect of the shadow economy on tax reform in developing countries. *Economies*, 2023. № 11(3). doi:10.3390/economies11030096 (Last accessed: 03.05.2023).

24. Greene, W. H. *Econometric Analysis* (5th ed.). Prentice Hall, 2003.

25. Gutierrez-Leefmans, M., & Olaleye, S. A. Social influence and mPOS use: The effects of gender. *Journal of Technology Management and Innovation*, 2021. № 16(4). P. 3–10. doi:10.4067/S0718-27242021000400003 (Last accessed: 21.04.2023).

26. Hajar, M. A., Alkahtani, A. A., Ibrahim, D. N., Al-Sharafi, M. A., Alkaws, G., Iahad, N. A., Tiong, S. K. The effect of value innovation in the superior performance and sustainable growth of telecommunications sector: Mediation effect of customer satisfaction and loyalty. *Sustainability (Switzerland)*, 2022. № 14(10). doi:10.3390/su14106342 (Last accessed: 20.05.2023).

27. Haq, I., Soomro, J. A., Mazhar, T., Ullah, I., Shloul, T. A., Ghadi, Y. Y., Tolba, A. Impact of 3G and 4G technology performance on customer satisfaction in the telecommunication industry. *Electronics (Switzerland)*, 2023. № 12(7). doi:10.3390/electronics12071697 (Last accessed: 15.05.2023).

28. Jurčić, I., & Gotovac, S. A comprehensive techno-economic model for fast and reliable analysis of the telecom operator potentials. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2022. № 12(20). doi:10.3390/app122010658 (Last accessed: 28.04.2023).

29. Kennedy, S. I., Yunzhi, G., Ziyuan, F., & Liu, K. The cashless society has arrived: How mobile phone payment dominance emerged in china. *International Journal of Electronic Government Research*, 2020. № 16(4), P. 94–112. doi:10.4018/IJEGR.2020100106 (Last accessed: 18.04.2023).

30. Khan, F., Ateeq, S., Ali, M., & Butt, N. Impact of COVID-19 on the drivers of cash-based online transactions and consumer behaviour: Evidence from a muslim market. *Journal of Islamic Marketing*, 2023. № 14(3). P. 714–734. doi:10.1108/JIMA-09-2020-0265 (Last accessed: 28.04.2023).

31. Kuzmenko, O., Bilan, Y., Bondarenko, E., Gavurova, B., & Yarovenko, H. Dynamic stability of the financial monitoring system: Intellectual analysis. *PLoS ONE*, 2023. № 18(1 January). doi:10.1371/journal.pone.0276533 (Last accessed: 28.04.2023).

32. Kuzmenko, O., Lyeonov, S., Letunovska, N., Kashcha, M., & Strielkowski, W. Impact of COVID-19 on the national development of countries: Implications for the public health. *PLoS ONE*, 2023. № 18(3 March). doi:10.1371/journal.pone.0277166 (Last accessed: 28.04.2023).

33. Kuzior, A., Vasylieva, T., Kuzmenko, O., Koibichuk, V., & Brožek, P. Global digital convergence: Impact of cybersecurity, business transparency, economic transformation, and AML efficiency. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2022. № 8(4). doi:10.3390/joitmc8040195 (Last accessed: 28.04.2023).

34. Larose, D. T., & Larose, C. D. *Data mining and predictive analytics*. John Wiley & Sons, 2019.

35. Lin, L., Guo, Z., & Zhou, C. Failure to maintain customers: Antecedents and consequences of service downgrades. *Journal of Service Theory and Practice*, 2023. № 33(3). P. 387–411. doi:10.1108/JSTP-03-2022-0057 (Last accessed: 29.04.2023).

36. Lyeonov, S., Żurakowska-Sawa, J., Kuzmenko, O., & Koibichuk, V. Gravitational and intellectual data analysis to assess the money laundering risk of financial

institutions. *Journal of International Studies*, 2020. № 13(4). P. 259–272. doi:10.14254/2071-8330.2020/13-4/18 (Last accessed: 29.04.2023).

37. Mauladi, K. F., Jaya, I. M. L. M., & Esquivias, M. A. Exploring the link between cashless society and cybercrime in Indonesia. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 2022. № 10(3). P. 58–76. doi:10.18080/jtde.v10n3.533 (Last accessed: 30.04.2023).

38. Ministry of Economy of Ukraine, “Shadow economy. General trends 2020”, 2020. URL: <https://me.gov.ua/Documents/Download?id=ea52ab12-e08a-418f-8e80-7cdee5d1fddc> (Last accessed: 30.04.2023).

39. Mohanty, S. P., Gopalkrishnan, S., & Mahendra, A. The intertwined relationship of shadow banking and commercial banks’ deposit growth: Evidence from india. *International Journal of Innovation Science*, 2022. № 14(3-4). P. 570–587. doi:10.1108/IJIS-01-2021-0022 (Last accessed: 30.04.2023).

40. Panda, D. K., Reddy, S., & Vaithianathan, S. Does the cashless transaction work? an analysis of policy challenges in an emerging economy. *Digital Policy, Regulation and Governance*, 2022. № 24(2). P. 179–198. doi:10.1108/DPRG-01-2021-0007 (Last accessed: 06.05.2023).

41. Ravnbøl, C. I. Accessing cash(lessness): Cash dependency, debt, and digital finance in a marginalized roma neighborhood. *Economic Anthropology*, 2023. № 10(1). P. 44–54. doi:10.1002/sea2.12265 (Last accessed: 06.05.2023).

42. Rawat, R., Mahor, V., Álvarez, J. D., & Chávez, F. Cognitive systems for dark web cyber delinquent association malignant data crawling: A review. *Handbook of research on war policies, strategies, and cyber wars*, 2023. P. 45–63. doi:10.4018/978-1-6684-6741-1.ch003 (Last accessed: 06.05.2023).

43. Remeikienė, R., Gasparėnienė, L., Yorulmaz, Ö., Schieg, M., & Stasiukynas, A. Evaluation of the level of shadow economy in lithuanian regions. *Journal of Business Economics and Management*, 2021. № 22(5). P. 1360–1377. doi:10.3846/jbem.2021.15405 (Last accessed: 06.05.2023).

44. Rogoff, K. *The Curse of Cash*. Princeton University Press, 2016.

45. Sarnowski, J., & Selera, P. “Cashless taxpayer” – an innovative tool to stimulate reduction of the shadow economy in poland. *International VAT Monitor*, 2022. № 1. P. 7–17.

46. Srouji, J., & Torre, D. The global pandemic, laboratory of the cashless economy? *International Journal of Financial Studies*, 2022. № 10(4). doi:10.3390/ijfs10040109 (Last accessed: 06.05.2023).

47. Su, B., Wu, L., & Yen, Y. Antecedents and consequences of trust and loyalty in physical banks affecting mobile payments. *Sustainability (Switzerland)*, 2021. № 13(22). doi:10.3390/su132212368 (Last accessed: 09.05.2023).

48. Tikku, S. R., & Singh, A. K. Financial disruption and microentrepreneurs: Empirical study on adoption of E-wallet among micro-entrepreneurs in India. *International Journal of e-Collaboration*, 2023. № 19(1). doi:10.4018/IJeC.315780 (Last accessed: 09.05.2023).

49. Vasilyeva, T. A., Kuzmenko, O. V., Stoyanets, N. V., Artyukhov, A. E., & Bozhenko, V. V. The depiction of cybercrime victims using data mining techniques. [Побудова портрету кібержертви з використанням технологій data-mining] *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2022. № 5. P. 174–178. doi:10.33271/nvngu/2022-5/174 (Last accessed: 09.05.2023).

50. Vasilyeva, T., Ziólko, A., Kuzmenko, O., Kapinos, A., & Humenna, Y. Impact of digitalization and the COVID-19 pandemic on the aml scenario: data mining analysis for good governance. *Economics and Sociology*, 2021. № 14(4). P. 326–354. doi:10.14254/2071-789X.2021/14-4/19 (Last accessed: 09.05.2023).

51. Williams, C.C. *The Informal Economy*, Columbia University Press, New York/Agenda, Newcastle, 2019.

52. Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann, 2016.

53. Wu, J., Abrar, S. M., Awasthi, N., Frias-Martinez, E., & Frias-Martinez, V. Enhancing short-term crime prediction with human mobility flows and deep learning architectures. *EPJ Data Science*, 2022. № 11(1). doi:10.1140/epjds/s13688-022-00366-2 (Last accessed: 09.05.2023).



54. Zhang, Q., Que, J., & Qin, X. Regional financial technology and shadow banking activities of non-financial firms: Evidence from china. *Journal of Asian Economics*, 2023. P. 86. doi:10.1016/j.asieco.2023.101606 (Last accessed: 09.05.2023).

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

## SUMMARY

Shaparenko S.V. Economic-Mathematical Modeling of Interconnections Between Cashless Economy, Telecommunications Services, and Shadow Economy Indicators Based on Data Methods. Sumy State University, Sumy, 2023.

Trends in the organization of today's world are changing under the influence of digitalization, expanding the possibilities of society and access to innovative things. What drives the development of cashless economy tools. In addition to a wide list of positive competitive advantages, it is necessary to take into account the presence of negative consequences of their application, which contribute to the development of the latest ways of shadowing the economy.

The purpose of the work is to study and deepen the theoretical aspects of the cashless economy, services of telecommunications companies and indicators of the shadow economy, to identify the main factors and develop a structural-logical model of the relationships of the cashless economy, services of telecommunications companies and indicators of the shadow economy. the work describes the essence and main aspects of the concepts of cashless economy, services of telecommunications companies, shadow economy, the current state of modeling of the object under study, the development of their structural and logical relationships. An economic-mathematical model of the interrelationships of the cashless economy, services of telecommunication companies and indicators of the shadow economy was built, and its adequacy was checked. Keywords: cashless economy, telecommunications services, shadow economy, interconnections, data mining.

## АНОТАЦІЯ

Шапаренко С.В. Економіко-математичне моделювання взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки на основі методів data mining. Сумський державний університет, Суми, 2023 рік.

Тенденції устрою сьогодишнього світу змінюється під впливом цифровізації, розширюючи можливості суспільства, і доступ до інноваційних речей. Що спонукають розвитку інструментів cashless economy. Крім широкого переліку позитивних конкурентних переваг, необхідно враховувати наявність негативних наслідків їх застосування, сприяючі розвитку новітніх шляхів тінізації економіки.

Метою роботи є вивчення та поглиблення теоретичних аспектів cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки, виявлення основних факторів та розробка структурно-логічної моделі взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки. роботі охарактеризовано сутність та основні аспекти понять cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній, тіньової економіки, сучасного стану моделювання досліджуваного об'єкту, розробка структурно-логічної їх взаємозв'язків. Було побудовано економіко-математичну модель взаємозв'язків cashless economy, сервісів телекомунікаційних компаній та індикаторів тіньової економіки, перевірена її адекватність.

Ключові слова: безготівкова економіка, сервіси телекомунікаційних компаній, тіньова економіка, взаємозв'язки, data mining.

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Визначення вхідної бази даних для кластерного аналізу

		Запозичен ь з офіційних фінансови х установ (% вік 15+)	Здійснено цифрових платежів (% вік 15+)	Здійснено платіж за комунальні послуги: використов уючи рахунок (% вік 15+)	...	Загальна кількість підписок на фіксований широкосму говий зв'язок	Безробіття, загальна (% від загальної кількості робочої сили) (змодельована оцінка МОП))
		CE2	CE4	CE9	...	STK27	SE1
Албанія	2021	13,38978	17,64876	2,907761	...	559394	12,683
Австрія	2021	56,51556	99,22798	78,62068	...	2592000	6,18
Бельгія	2021	47,97337	97,25707	73,72093	...	4920679	6,26
Боснія і Герцеговина	2021	21,29753	51,08929	19,73816	...	797893	14,9
Болгарія	2021	26,35431	68,33024	36,98244	...	2253977	5,27
Хорватія	2021	33,02985	74,97652	38,80914	...	1048489	7,61
...	...	...	...	...	...	...	...
Швеція	2021	48,68737	98,41447	72,48537	...	4253442	8,72
Швейцарія	2021	61,3996	98,02178	76,09829	...	4170736	5,1
Україна	2021	34,12236	75,44676	42,14053	...	7566286	9,83
Великобритан ія	2021	54,97422	98,59076	67,8684	...	27738724	4,826

Таблиця Б.2 – Фрагмент стандартизованих (нормалізованих) даних показників рівня розвитку цифрової економіки

	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	...	STK24	STK25	STK26	STK27	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5
Нідерланди2011	1,76102	1,10189	1,06059	0,82836	0,86276	1,15765	-0,05435	1,16025	-0,85266	...	-0,78137	-1,19495	-1,08916	2,22874	-0,38674	13,00000	15,15000	0,33333	0,01334
Польща2011	-0,82637	-1,74260	-0,86648	-0,67334	-0,84947	-0,66663	-1,01724	-1,26073	-1,69037	...	1,17047	1,12351	1,97870	-0,83179	-0,74475	24,80000	22,87000	0,14286	0,01291
Україна2011	-1,72667	-1,05638	-1,31059	-1,77903	-1,73642	-1,24269	-0,79675	-1,40026	-1,82784	...	0,42331	1,97686	0,54809	0,88976	2,64454	29,14317	19,27000	0,25000	0,01704
Нідерланди2012	1,66383	1,09650	1,03910	0,87096	0,87763	1,17468	0,10413	1,15945	-0,65276	...	-0,42878	-1,07706	-1,00570	0,88976	-0,40769	13,60000	15,36000	0,25000	0,01332
Польща2012	-0,73343	-1,63093	-0,76388	-0,56536	-0,73298	-0,62358	-0,91106	-1,13916	-1,38701	...	1,36356	0,92703	1,78795	-0,83179	-0,72581	23,80000	22,39000	0,14286	0,01293
Україна2012	-1,59588	-0,91798	-1,29213	-1,71484	-1,70223	-1,20559	-0,78437	-1,32142	-1,49301	...	0,28899	1,75134	0,34940	0,88976	2,33473	27,99539	18,77000	0,25000	0,01667
Нідерланди2013	1,56821	1,09112	1,01774	0,91419	0,89259	1,19171	0,27688	1,15864	-0,44916	...	0,16726	-1,21460	-0,73150	0,88976	-0,42859	12,90000	16,05000	0,25000	0,01329
Польща2013	-0,63795	-1,50803	-0,65526	-0,44898	-0,60276	-0,58053	-0,79074	-1,00578	-1,07438	...	1,46430	0,53407	1,56541	-0,83179	-0,70684	21,80000	21,83000	0,14286	0,01295
Україна2013	-1,45826	-0,76892	-1,27342	-1,63608	-1,65662	-1,16850	-0,77183	-1,23699	-1,14674	...	0,13788	1,53471	0,48849	0,88976	2,03179	26,89282	19,12000	0,25000	0,01630
Нідерланди2014	1,47415	1,08575	0,99650	0,95806	0,90762	1,20874	0,46518	1,15783	-0,24178	...	0,24282	-1,29319	-0,50499	0,88976	-0,44945	12,50000	16,62000	0,25000	0,01327
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Україна2018	-0,56351	0,48851	-1,04741	-0,79138	-0,73342	-0,92587	-0,90816	-0,81496	0,20918	...	0,82208	0,50360	-0,81893	-1,11872	0,54224	21,64490	15,83000	0,12500	0,01448
Нідерланди2019	0,87977	1,01997	1,01206	1,18869	1,04312	1,37417	1,84164	1,14859	1,03104	...	-1,45298	-0,93952	-0,50499	0,88976	-0,55318	14,30000	16,62000	0,25000	0,01314
Польща2019	0,05485	-0,49006	0,75117	0,49439	0,75200	0,08964	0,31428	0,50810	0,68440	...	-1,49495	-0,58586	0,84216	-0,83179	-0,59227	16,10000	20,01000	0,14286	0,01309
Україна2019	-0,39712	0,63254	-1,06955	-0,48587	-0,49319	-0,95310	-0,82740	-0,64532	0,22342	...	0,56603	0,35724	-1,17261	-1,34188	0,35024	20,90000	14,94000	0,11111	0,01424
Нідерланди2020	0,86842	1,03417	0,93166	1,23624	1,02916	1,44732	2,09782	1,15038	1,08588	...	-1,26829	-0,88058	-0,42809	0,88976	-0,57380	14,60000	16,81351	0,25000	0,01311
Польща2020	0,14038	-0,22396	0,61439	0,68441	0,96240	0,13397	0,64187	0,57955	1,39828	...	-1,54532	-0,62516	0,71048	-0,83179	-0,57306	15,90000	19,67862	0,14286	0,01312
Україна2020	-0,23073	0,77657	-1,09169	-0,18037	-0,25296	-0,98033	-0,74665	-0,47568	1,63220	...	1,10751	0,23936	-1,35851	-1,34188	0,09135	20,30000	14,47219	0,11111	0,01393
Нідерланди2021	0,85706	1,04836	0,85126	1,28379	1,01521	1,52047	2,35400	1,15218	1,32174	...	-1,10458	-1,43072	-0,35030	0,88976	-0,59439	11,80000	17,00927	0,25000	0,01309
Польща2021	0,22591	0,04214	0,47762	0,87443	1,17280	0,17829	0,96946	0,65100	1,72768	...	-1,46137	-0,77571	0,58097	-0,83179	-0,55381	15,13375	19,35273	0,14286	0,01314
Україна2021	-0,06435	0,92061	-1,11382	0,12513	-0,01273	-1,00755	-0,66589	-0,30605	1,72768	...	1,25442	0,08217	-1,53860	-1,34188	-0,16181	19,50000	14,01902	0,11111	0,01362

Таблиця Б.3 – Проміжні величини розрахунку релевантності показників групи стан розвитку безготівкової економіки

Показники / Вагові коефіцієнти		Фактор 1	Фактор 2	Зважений вплив показників
		71,35904	13,78891	
Кількість рахунків (% вік 15+)	CE1	0,07868	0,001645	<b>6,62%</b>
Запозичень з офіційних фінансових установ (% вік 15+)	CE2	0,04616	0,085441	<b>5,25%</b>
Здійснено або отримано цифрових платежів (% вік 15+)	CE3	0,080969	0,001461	<b>6,81%</b>
Здійснено цифрових платежів (% вік 15+)	CE4	0,080905	0,001634	<b>6,81%</b>
Отримано цифрових платежів (% вік 15+)	CE5	0,072942	0,005989	<b>6,21%</b>
Отримано державних платежів (перекази, пенсія або заробітна плата) на рахунок (% вік 15+)	CE6	0,038232	0,068085	4,31%
Отримано приватну заробітну плату на рахунок (% вік 15+)	CE7	0,070248	0,020222	<b>6,21%</b>
Використано мобільний телефон або інтернет для перевірки балансу на рахунку у банку або подібній фінансовій установі (% вік 15+)	CE8	0,081039	0,000976	<b>6,81%</b>
Здійснено платіж за комунальні послуги: використовуючи рахунок (% вік 15+)	CE9	0,079919	0,000004	<b>6,70%</b>
Збережено у фінансовій установі (% вік 15+)	CE10	0,07304	0,023875	<b>6,51%</b>
Збережено на старість (% вік 15+)	CE11	0,061065	0,000574	<b>5,13%</b>
Використано дебетову або кредитну картку (% вік 15+)	CE12	0,078913	0,00013	<b>6,62%</b>
Доступ до мобільного телефону (% вік 15+)	CE13	0,027145	0,237503	<b>6,12%</b>
Доступ до інтернету (% вік 15+)	CE14	0,073081	0,011253	<b>6,31%</b>
Банкомати на 100 000 дорослих	CE15	0,051044	0,110635	<b>6,07%</b>
Відділення на 100 000 дорослих	CE16	0,004131	0,157827	2,90%
Заборгованість за кредитами у комерційних банках	CE17	0,002479	0,272746	4,62%

Таблиця Б.4 – Проміжні величини розрахунку релевантності показників групи якості сервісів телекомунікаційних компаній

Показники / Вагові коефіцієнти		Фактор 1	Фактор 2	Зважений вплив показників
		22,71723	11,08416	
Кількість активних абонентів мобільного широкосмугового зв'язку на 100 жителів	STK1	0,032721	0,005061	2,37%
Жіночі Інтернет-користувачі як % від загального жіночого населення	STK2	0,066726	0,004469	<b>4,63%</b>
Кошик фіксованого широкосмугового зв'язку як % від ВНД на душу населення	STK3	0,016374	0,110092	<b>4,71%</b>
Кількість абонентів фіксованого широкосмугового зв'язку на 100 жителів	STK4	0,058936	0,000093	3,96%
Кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок: >10 Мбіт/с	STK5	0,029352	0,028734	2,91%
Підписка на фіксований широкосмуговий зв'язок: від 2 до 10 Мбіт/с	STK6	0,000003	0,097792	3,21%
Підписка на фіксований широкосмуговий зв'язок: 256 Кбіт/с – <2 Мбіт/с	STK7	0,005347	0,115204	<b>4,14%</b>
Підписка на фіксований телефон на 100 жителів	STK8	0,016833	0,014712	1,61%
Домогосподарства з комп'ютером вдома (%)	STK9	0,060024	0,01521	<b>4,53%</b>
Домогосподарства з доступом до Інтернету вдома (%)	STK10	0,063148	0,010569	<b>4,59%</b>
Особи, які користуються Інтернетом, усього (%)	STK11	0,066463	0,004213	<b>4,60%</b>
Особи з розширеними навичками Інформаційно-комунікаційних технологій (%)	STK12	0,046485	0,009743	3,44%
Особи з базовими навичками ІКТ (%)	STK13	0,057043	0,010053	<b>4,16%</b>
Особи зі стандартними навичками ІКТ (%)	STK14	0,05535	0,006647	3,94%
Міжнародна пропускна здатність на користувача Інтернету (кбіт/с)	STK15	0,017849	0,015018	1,69%
Користувачі Інтернету: 15-24 роки як % від усіх 15-24 років	STK16	0,038268	0,052802	<b>4,30%</b>
Користувачі Інтернету: 25-74 роки як % від усіх 25-74 років	STK17	0,066739	0,000253	<b>4,49%</b>
Чоловічі Інтернет-користувачі як % від загального чоловічого населення	STK18	0,06665	0,00306	<b>4,58%</b>
Кошик мобільного широкосмугового доступу як % від ВНД на душу населення	STK19	0,020218	0,009974	1,69%

## Продовження таблиці Б.4

Кошик мобільного стільникового зв'язку як % від ВНД на душу населення	STK20	0,024112	0,098199	<b>4,84%</b>
Кошик мобільних даних і голосу (високе споживання) як % від ВНД на душу населення	STK21	0,004323	0,124569	<b>4,38%</b>
Кошик мобільних даних і голосу (низьке споживання) як % ВНД на душу населення	STK22	0,023908	0,08443	<b>4,38%</b>
Кількість абонентів мобільного стільникового зв'язку на 100 жителів	STK23	0,029995	0,019589	2,66%
Населення, охоплене мережею мобільного стільникового зв'язку (%)	STK24	0,022585	0,06866	3,77%
Населення, охоплене принаймні мережею мобільного зв'язку 3G (%)	STK25	0,038454	0,037785	3,82%
Населення, охоплене принаймні мережею мобільного зв'язку 4G (%)	STK26	0,035266	0,007419	2,61%
Загальна кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок	STK27	0,036826	0,04565	3,97%



## ДОДАТОК В

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	2,261440E+02	1	3,801317E+03	30	1,7847	0,191616
CE2	1,156047E+03	1	5,981918E+03	30	5,7977	0,022402
CE3	4,233725E+02	1	5,734998E+03	30	2,2147	0,147141
CE4	9,371665E+02	1	1,059644E+04	30	2,6532	0,113796
CE5	4,947637E+02	1	7,000326E+03	30	2,1203	0,155743
CE6	1,139836E+02	1	5,846523E+03	30	0,5849	0,450381
CE7	2,181642E+02	1	2,922737E+03	30	2,2393	0,144988
CE8	8,203730E+01	1	1,240571E+04	30	0,1984	0,659224
CE9	1,231157E+03	1	1,132356E+04	30	3,2618	0,080956
CE10	6,404996E+02	1	1,303607E+04	30	1,4740	0,234189
CE11	2,527767E+02	1	1,014538E+04	30	0,7475	0,394141
CE12	9,513648E+02	1	1,467449E+04	30	1,9449	0,173376
CE13	4,677493E+01	1	2,972019E+02	30	4,7215	0,037815
CE14	2,127198E-01	1	8,315710E+02	30	0,0077	0,930775
CE15	2,089078E+03	1	3,845935E+04	30	1,6296	0,211556
CE16	2,372853E+02	1	4,535647E+03	30	1,5695	0,219962
CE17	1,372076E+09	1	3,439082E+14	30	0,0001	0,991344
STK1	1,012362E+02	1	3,015643E+04	30	0,1007	0,753176
STK2	1,010655E+01	1	1,904229E+03	30	0,1592	0,692700
STK3	7,828521E-02	1	1,454279E+01	30	0,1615	0,690635
STK4	1,712694E+02	1	2,074494E+03	30	2,4768	0,126026
STK5	2,149776E+15	1	4,014479E+14	30	160,6516	0,000000
STK6	3,140232E+12	1	3,213112E+12	30	29,3195	0,000007
STK7	1,250872E+10	1	3,500296E+10	30	10,7209	0,002672
STK8	1,942319E+03	1	5,729425E+03	30	10,1702	0,003331
STK9	2,197907E+00	1	6,511750E+03	30	0,0101	0,920516
STK10	7,405434E+00	1	9,884152E+02	30	0,2248	0,638864
STK11	1,497966E+01	1	1,576982E+03	30	0,2850	0,597397
STK12	3,683605E-02	1	2,930167E+02	30	0,0038	0,951439
STK13	1,792513E+01	1	7,430306E+03	30	0,0724	0,789754
STK14	1,566677E+02	1	5,194400E+03	30	0,9048	0,349092
STK15	6,862507E+09	1	3,247525E+12	30	0,0634	0,802926
STK16	3,832021E+00	1	9,852679E+01	30	1,1668	0,288668
STK17	4,239087E+01	1	1,894714E+03	30	0,6712	0,419096
STK18	1,439568E+01	1	1,238545E+03	30	0,3487	0,559277
STK19	5,072167E-01	1	6,830305E+00	30	2,2278	0,145990
STK20	2,610223E-01	1	8,137065E+00	30	0,9623	0,334442
STK21	1,249500E+00	1	2,033635E+01	30	1,8433	0,184696
STK22	5,530682E-01	1	9,966732E+00	30	1,6647	0,206821
STK23	5,031056E+00	1	6,105425E+03	30	0,0247	0,876118
STK24	6,960084E-02	1	3,209387E+00	30	0,6506	0,426247
STK25	1,323350E+00	1	9,299197E+01	30	0,4269	0,518479
STK26	4,358006E+00	1	1,842224E+02	30	0,7097	0,406214
STK27	2,334692E+15	1	4,371994E+14	30	160,2033	0,000000
SE1	1,541976E+00	1	4,351687E+02	30	0,1063	0,746658
SE2	1,960943E+01	1	4,629903E+03	30	0,1271	0,723993
SE3	2,794684E+01	1	3,210043E+03	30	0,2612	0,613050
SE4	4,156481E+00	1	2,037185E+02	30	0,6121	0,440133
SE5	9,582924E+00	1	7,188889E+02	30	0,3999	0,531929

Рисунок В.1 – Аналіз адекватності моделі 1-но кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи всі початкові показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	3,883072E+02	2	3,639154E+03	29	1,5472	0,229907
CE2	1,157486E+03	2	5,980479E+03	29	2,8064	0,076885
CE3	8,186396E+02	2	5,339731E+03	29	2,2230	0,126409
CE4	2,070933E+03	2	9,462677E+03	29	3,1734	0,056716
CE5	5,335207E+02	2	6,961569E+03	29	1,1113	0,342759
CE6	1,341321E+02	2	5,826375E+03	29	0,3338	0,718904
CE7	2,912259E+02	2	2,849675E+03	29	1,4818	0,243919
CE8	1,060694E+03	2	1,142705E+04	29	1,3459	0,276075
CE9	2,513429E+03	2	1,004129E+04	29	3,6295	0,039196
CE10	9,110380E+02	2	1,276554E+04	29	1,0348	0,368040
CE11	4,515497E+02	2	9,946612E+03	29	0,6583	0,525315
CE12	2,172108E+03	2	1,345375E+04	29	2,3410	0,114154
CE13	5,345261E+01	2	2,905242E+02	29	2,6678	0,086391
CE14	3,484870E+01	2	7,969351E+02	29	0,6341	0,537627
CE15	2,397500E+03	2	3,815093E+04	29	0,9112	0,413239
CE16	2,801431E+02	2	4,492789E+03	29	0,9041	0,416003
CE17	4,122650E+13	2	3,026830E+14	29	1,9750	0,156995
STK1	2,990798E+02	2	2,995859E+04	29	0,1448	0,865856
STK2	1,050909E+01	2	1,903827E+03	29	0,0800	0,923283
STK3	1,754648E-01	2	1,444561E+01	29	0,1761	0,839403
STK4	3,555858E+02	2	1,890178E+03	29	2,7278	0,082132
STK5	2,245168E+15	2	3,060551E+14	29	106,3696	0,000000
STK6	3,172077E+12	2	3,181267E+12	29	14,4581	0,000044
STK7	1,301367E+10	2	3,449801E+10	29	5,4698	0,009647
STK8	2,037974E+03	2	5,633770E+03	29	5,2453	0,011366
STK9	2,887294E+02	2	6,225218E+03	29	0,6725	0,518203
STK10	1,112077E+01	2	9,846999E+02	29	0,1638	0,849728
STK11	1,542006E+01	2	1,576541E+03	29	0,1418	0,868372
STK12	3,334979E-01	2	2,927200E+02	29	0,0165	0,983625
STK13	1,148815E+02	2	7,333349E+03	29	0,2272	0,798204
STK14	1,566750E+02	2	5,194393E+03	29	0,4374	0,649932
STK15	3,088866E+11	2	2,945501E+12	29	1,5206	0,235507
STK16	4,109423E+00	2	9,824938E+01	29	0,6065	0,552036
STK17	6,441920E+01	2	1,872685E+03	29	0,4988	0,612379
STK18	1,524626E+01	2	1,237695E+03	29	0,1786	0,837341
STK19	7,387548E-01	2	6,598767E+00	29	1,6233	0,214657
STK20	3,405016E-01	2	8,057586E+00	29	0,6127	0,548727
STK21	1,931505E+00	2	1,965434E+01	29	1,4250	0,256860
STK22	9,806259E-01	2	9,539174E+00	29	1,4906	0,241990
STK23	1,162272E+01	2	6,098834E+03	29	0,0276	0,972771
STK24	8,967926E-02	2	3,189308E+00	29	0,4077	0,668918
STK25	2,134025E+00	2	9,218130E+01	29	0,3357	0,717593
STK26	4,797615E+00	2	1,837828E+02	29	0,3785	0,688209
STK27	2,438565E+15	2	3,333269E+14	29	106,0796	0,000000
SE1	1,556456E+01	2	4,211461E+02	29	0,5359	0,590834
SE2	1,227532E+02	2	4,526760E+03	29	0,3932	0,678438
SE3	5,751910E+01	2	3,180470E+03	29	0,2622	0,771136
SE4	1,723382E+01	2	1,906412E+02	29	1,3108	0,285108
SE5	3,655886E+01	2	6,919129E+02	29	0,7661	0,473981

Рисунок В.2 – Аналіз адекватності моделі 2-ох кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи всі початкові показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	4,362752E+02	3	3,591186E+03	28	1,1339	0,352368
CE2	1,478995E+03	3	5,658971E+03	28	2,4393	0,085298
CE3	8,682186E+02	3	5,290152E+03	28	1,5318	0,228066
CE4	2,171045E+03	3	9,362564E+03	28	2,1643	0,114555
CE5	5,571815E+02	3	6,937908E+03	28	0,7496	0,531801
CE6	1,510317E+02	3	5,809475E+03	28	0,2426	0,865831
CE7	3,632139E+02	3	2,777687E+03	28	1,2204	0,320649
CE8	1,068307E+03	3	1,141944E+04	28	0,8731	0,466716
CE9	2,875597E+03	3	9,679116E+03	28	2,7729	0,059947
CE10	1,152527E+03	3	1,252405E+04	28	0,8589	0,473847
CE11	4,962773E+02	3	9,901885E+03	28	0,4678	0,707105
CE12	2,265181E+03	3	1,336067E+04	28	1,5824	0,215772
CE13	5,763680E+01	3	2,863401E+02	28	1,8787	0,156111
CE14	4,628981E+01	3	7,854940E+02	28	0,5500	0,652303
CE15	2,578150E+03	3	3,797028E+04	28	0,6337	0,599479
CE16	2,939678E+02	3	4,478964E+03	28	0,6126	0,612526
CE17	3,209093E+14	3	2,300024E+13	28	130,2227	0,000000
STK1	1,452135E+03	3	2,880553E+04	28	0,4705	0,705246
STK2	1,806705E+01	3	1,896269E+03	28	0,0889	0,965535
STK3	1,755048E-01	3	1,444557E+01	28	0,1134	0,951536
STK4	3,619297E+02	3	1,883834E+03	28	1,7932	0,171364
STK5	2,249355E+15	3	3,018688E+14	28	69,5467	0,000000
STK6	3,174018E+12	3	3,179326E+12	28	9,3178	0,000195
STK7	1,311488E+10	3	3,439680E+10	28	3,5586	0,026757
STK8	2,055887E+03	3	5,615857E+03	28	3,4168	0,030870
STK9	3,002009E+02	3	6,213747E+03	28	0,4509	0,718656
STK10	1,198583E+01	3	9,838348E+02	28	0,1137	0,951351
STK11	2,031056E+01	3	1,571651E+03	28	0,1206	0,947204
STK12	2,814757E+00	3	2,902387E+02	28	0,0905	0,964662
STK13	2,147332E+02	3	7,233498E+03	28	0,2771	0,841442
STK14	2,222020E+02	3	5,128866E+03	28	0,4044	0,751003
STK15	3,109725E+11	3	2,943415E+12	28	0,9861	0,413523
STK16	4,327490E+00	3	9,803132E+01	28	0,4120	0,745643
STK17	6,602545E+01	3	1,871079E+03	28	0,3293	0,804144
STK18	1,787311E+01	3	1,235068E+03	28	0,1351	0,938301
STK19	7,831993E-01	3	6,554323E+00	28	1,1153	0,359560
STK20	3,415016E-01	3	8,056586E+00	28	0,3956	0,757138
STK21	2,048866E+00	3	1,953698E+01	28	0,9788	0,416774
STK22	1,269626E+00	3	9,250175E+00	28	1,2810	0,300113
STK23	2,124776E+02	3	5,897979E+03	28	0,3362	0,799230
STK24	5,884570E-01	3	2,690531E+00	28	2,0413	0,130833
STK25	2,221137E+00	3	9,209418E+01	28	0,2251	0,878130
STK26	4,961455E+00	3	1,836190E+02	28	0,2522	0,859095
STK27	2,442774E+15	3	3,291176E+14	28	69,2738	0,000000
SE1	2,258142E+01	3	4,141292E+02	28	0,5089	0,679357
SE2	1,227982E+02	3	4,526715E+03	28	0,2532	0,858389
SE3	9,356228E+01	3	3,144427E+03	28	0,2777	0,840984
SE4	3,084493E+01	3	1,770301E+02	28	1,6262	0,205667
SE5	3,808268E+01	3	6,903891E+02	28	0,5148	0,675420

Рисунок В.3 – Аналіз адекватності моделі 3-ох кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи всі початкові показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	4,404486E+02	4	3,587013E+03	27	0,8288	0,518547
CE2	1,484388E+03	4	5,653577E+03	27	1,7723	0,163584
CE3	8,750169E+02	4	5,283354E+03	27	1,1179	0,368639
CE4	2,187882E+03	4	9,345728E+03	27	1,5802	0,208116
CE5	5,907418E+02	4	6,904348E+03	27	0,5775	0,681373
CE6	1,574680E+02	4	5,803039E+03	27	0,1832	0,945135
CE7	3,713431E+02	4	2,769558E+03	27	0,9050	0,474927
CE8	1,100853E+03	4	1,138689E+04	27	0,6526	0,630082
CE9	3,111184E+03	4	9,443529E+03	27	2,2238	0,092994
CE10	1,196818E+03	4	1,247975E+04	27	0,6473	0,633603
CE11	6,773075E+02	4	9,720854E+03	27	0,4703	0,757015
CE12	2,297965E+03	4	1,332789E+04	27	1,1638	0,348643
CE13	1,314741E+02	4	2,125027E+02	27	4,1762	0,009244
CE14	4,784909E+01	4	7,839346E+02	27	0,4120	0,798412
CE15	2,602273E+03	4	3,794615E+04	27	0,4629	0,762285
CE16	5,028278E+02	4	4,270104E+03	27	0,7948	0,538930
CE17	3,213906E+14	4	2,251897E+13	27	96,3360	0,000000
STK1	1,452620E+03	4	2,880505E+04	27	0,3404	0,848271
STK2	8,936581E+01	4	1,824970E+03	27	0,3305	0,854972
STK3	3,739581E-01	4	1,424711E+01	27	0,1772	0,948218
STK4	5,169933E+02	4	1,728770E+03	27	2,0186	0,120130
STK5	2,492486E+15	4	5,873718E+13	27	286,4333	0,000000
STK6	3,174073E+12	4	3,179272E+12	27	6,7390	0,000676
STK7	1,341799E+10	4	3,409369E+10	27	2,6565	0,054535
STK8	2,295899E+03	4	5,375845E+03	27	2,8828	0,041438
STK9	3,789937E+02	4	6,134954E+03	27	0,4170	0,794885
STK10	2,586845E+01	4	9,699522E+02	27	0,1800	0,946760
STK11	7,946300E+01	4	1,512498E+03	27	0,3546	0,838513
STK12	4,527395E+00	4	2,885261E+02	27	0,1059	0,979455
STK13	2,967949E+02	4	7,151436E+03	27	0,2801	0,888244
STK14	2,428380E+02	4	5,108230E+03	27	0,3209	0,861477
STK15	4,107950E+11	4	2,843593E+12	27	0,9751	0,437415
STK16	7,605770E+00	4	9,475304E+01	27	0,5418	0,706356
STK17	1,232215E+02	4	1,813883E+03	27	0,4585	0,765385
STK18	5,779989E+01	4	1,195141E+03	27	0,3264	0,857736
STK19	7,912026E-01	4	6,546319E+00	27	0,8158	0,526284
STK20	4,857149E-01	4	7,912373E+00	27	0,4144	0,796743
STK21	2,106946E+00	4	1,947890E+01	27	0,7301	0,579289
STK22	1,316039E+00	4	9,203761E+00	27	0,9652	0,442588
STK23	2,588336E+02	4	5,851623E+03	27	0,2986	0,876288
STK24	7,139104E-01	4	2,565077E+00	27	1,8787	0,143147
STK25	2,346590E+00	4	9,196873E+01	27	0,1722	0,950716
STK26	5,021308E+00	4	1,835591E+02	27	0,1846	0,944362
STK27	2,689163E+15	4	8,272876E+13	27	219,4140	0,000000
SE1	7,679300E+01	4	3,599177E+02	27	1,4402	0,247889
SE2	1,298499E+02	4	4,519663E+03	27	0,1939	0,939447
SE3	1,427557E+02	4	3,095234E+03	27	0,3113	0,867869
SE4	3,137827E+01	4	1,764967E+02	27	1,2000	0,333559
SE5	5,730203E+01	4	6,711697E+02	27	0,5763	0,682239

Рисунок В.4 – Аналіз адекватності моделі 4-ох кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи всі початкові показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	6,926743E+02	5	3,334787E+03	26	1,0801	0,394364
CE2	2,333008E+03	5	4,804957E+03	26	2,5248	0,054399
CE3	1,359741E+03	5	4,798630E+03	26	1,4735	0,232423
CE4	3,313078E+03	5	8,220531E+03	26	2,0957	0,098141
CE5	1,121093E+03	5	6,373997E+03	26	0,9146	0,486986
CE6	4,384586E+02	5	5,522048E+03	26	0,4129	0,835422
CE7	5,696100E+02	5	2,571291E+03	26	1,1519	0,358887
CE8	3,163243E+03	5	9,324504E+03	26	1,7640	0,155528
CE9	4,284613E+03	5	8,270101E+03	26	2,6940	0,043240
CE10	3,708097E+03	5	9,968476E+03	26	1,9343	0,122773
CE11	1,952554E+03	5	8,445607E+03	26	1,2022	0,335729
CE12	4,206176E+03	5	1,141968E+04	26	1,9153	0,126057
CE13	1,427569E+02	5	2,012200E+02	26	3,6892	0,011763
CE14	1,714433E+02	5	6,603405E+02	26	1,3501	0,275110
CE15	2,262368E+03	5	3,828606E+04	26	0,3073	0,904069
CE16	8,955760E+02	5	3,877356E+03	26	1,2011	0,336231
CE17	3,235573E+14	5	2,035219E+13	26	82,6692	0,000000
STK1	4,735706E+03	5	2,552196E+04	26	0,9649	0,457238
STK2	2,181584E+02	5	1,696177E+03	26	0,6688	0,650530
STK3	8,156510E-01	5	1,380542E+01	26	0,3072	0,904097
STK4	1,262494E+03	5	9,832697E+02	26	6,6767	0,000402
STK5	2,511547E+15	5	3,967692E+13	26	329,1597	0,000000
STK6	3,347873E+12	5	3,005472E+12	26	5,7924	0,001010
STK7	1,458221E+10	5	3,292947E+10	26	2,3027	0,073740
STK8	2,435047E+03	5	5,236696E+03	26	2,4180	0,062947
STK9	7,619026E+02	5	5,752045E+03	26	0,6888	0,636311
STK10	9,150609E+01	5	9,043146E+02	26	0,5262	0,754289
STK11	1,905131E+02	5	1,401448E+03	26	0,7069	0,623527
STK12	4,767229E+01	5	2,453812E+02	26	1,0102	0,431598
STK13	6,424077E+02	5	6,805823E+03	26	0,4908	0,780022
STK14	8,387888E+02	5	4,512279E+03	26	0,9666	0,456229
STK15	5,264770E+11	5	2,727911E+12	26	1,0036	0,435294
STK16	1,331397E+01	5	8,904484E+01	26	0,7775	0,574861
STK17	3,259976E+02	5	1,611107E+03	26	1,0522	0,408916
STK18	1,455803E+02	5	1,107361E+03	26	0,6836	0,639972
STK19	1,221295E+00	5	6,116227E+00	26	1,0383	0,416295
STK20	8,999333E-01	5	7,498154E+00	26	0,6241	0,682750
STK21	3,183120E+00	5	1,840273E+01	26	0,8994	0,496226
STK22	2,053019E+00	5	8,466781E+00	26	1,2609	0,310357
STK23	6,584222E+02	5	5,452034E+03	26	0,6280	0,679937
STK24	7,579308E-01	5	2,521057E+00	26	1,5633	0,205376
STK25	2,176614E+01	5	7,254918E+01	26	1,5601	0,206293
STK26	2,573717E+01	5	1,628433E+02	26	0,8219	0,545408
STK27	2,713646E+15	5	5,824611E+13	26	242,2644	0,000000
SE1	9,645189E+01	5	3,402588E+02	26	1,4740	0,232247
SE2	4,078840E+02	5	4,241629E+03	26	0,5000	0,773339
SE3	2,848907E+02	5	2,953099E+03	26	0,5017	0,772168
SE4	3,073334E+01	5	1,771417E+02	26	0,9022	0,494550
SE5	5,541991E+01	5	6,730519E+02	26	0,4282	0,824773

Рисунок В.5 – Аналіз адекватності моделі 5-ти кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи всі початкові показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko_.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE1	8,237264E+02	7	3,203735E+03	24	0,8815	0,535486
CE2	2,617881E+03	7	4,520084E+03	24	1,9857	0,099511
CE3	1,577947E+03	7	4,580423E+03	24	1,1811	0,350073
CE4	3,191556E+03	7	8,342054E+03	24	1,3117	0,287388
CE5	1,154077E+03	7	6,341013E+03	24	0,6240	0,731123
CE6	1,034371E+03	7	4,926136E+03	24	0,7199	0,656323
CE7	5,173736E+02	7	2,623527E+03	24	0,6761	0,690415
CE8	2,351765E+03	7	1,013598E+04	24	0,7955	0,598518
CE9	4,459918E+03	7	8,094795E+03	24	1,8890	0,116025
CE10	3,323412E+03	7	1,035316E+04	24	1,1006	0,394207
CE11	1,969864E+03	7	8,428297E+03	24	0,8013	0,594144
CE12	3,911260E+03	7	1,171460E+04	24	1,1447	0,369493
CE13	1,412645E+02	7	2,027124E+02	24	2,3893	0,052672
CE14	1,940336E+02	7	6,377501E+02	24	1,0431	0,428301
CE15	3,795345E+03	7	3,675308E+04	24	0,3541	0,919752
CE16	9,013726E+02	7	3,871560E+03	24	0,7982	0,596463
CE17	3,244323E+14	7	1,947719E+13	24	57,1099	0,000000
STK1	7,134536E+03	7	2,312313E+04	24	1,0579	0,419349
STK2	2,117534E+02	7	1,702583E+03	24	0,4264	0,876051
STK3	1,180682E+00	7	1,344039E+01	24	0,3012	0,946420
STK4	1,085623E+03	7	1,160141E+03	24	3,2083	0,015182
STK5	2,521166E+15	7	3,005753E+13	24	287,5817	0,000000
STK6	3,352751E+12	7	3,000593E+12	24	3,8310	0,006231
STK7	1,465856E+10	7	3,285312E+10	24	1,5298	0,204873
STK8	2,968488E+03	7	4,703256E+03	24	2,1640	0,075043
STK9	9,648243E+02	7	5,549123E+03	24	0,5961	0,752775
STK10	9,666958E+01	7	8,991511E+02	24	0,3686	0,911575
STK11	2,083218E+02	7	1,383640E+03	24	0,5162	0,813328
STK12	4,183550E+01	7	2,512180E+02	24	0,5710	0,772141
STK13	8,110748E+02	7	6,637156E+03	24	0,4190	0,880873
STK14	1,266715E+03	7	4,084353E+03	24	1,0633	0,416067
STK15	2,275006E+12	7	9,793810E+11	24	7,9642	0,000052
STK16	1,280119E+01	7	8,955762E+01	24	0,4901	0,832330
STK17	2,567738E+02	7	1,680330E+03	24	0,5239	0,807625
STK18	1,836998E+02	7	1,069241E+03	24	0,5890	0,758246
STK19	1,147899E+00	7	6,189623E+00	24	0,6358	0,721889
STK20	1,661548E+00	7	6,736540E+00	24	0,8456	0,561348
STK21	2,869623E+00	7	1,871622E+01	24	0,5257	0,806324
STK22	2,093673E+00	7	8,426126E+00	24	0,8519	0,556786
STK23	1,412418E+03	7	4,698038E+03	24	1,0308	0,435924
STK24	8,684309E-01	7	2,410557E+00	24	1,2352	0,322828
STK25	2,168624E+01	7	7,262908E+01	24	1,0237	0,440303
STK26	3,011101E+01	7	1,584694E+02	24	0,6515	0,709688
STK27	2,724435E+15	7	4,745635E+13	24	196,8319	0,000000
SE1	1,087530E+02	7	3,279577E+02	24	1,1369	0,373762
SE2	7,154871E+02	7	3,934026E+03	24	0,6236	0,731471
SE3	5,017229E+02	7	2,736267E+03	24	0,6287	0,727492
SE4	3,860833E+01	7	1,692667E+02	24	0,7820	0,608685
SE5	9,811135E+01	7	6,303604E+02	24	0,5336	0,800397

Рисунок В.6 – Аналіз адекватності моделі 6-ти кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи всі початкові показники

Members of Cluster Number 1 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 cases	
	Distance
France	132276,2
Germany	905485,3
United Kingdom	819469,9

Рисунок В.7 – Склад та характеристика 1-го умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники

Members of Cluster Number 2 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 2 cases	
	Distance
Italy	184579,3
Spain	184579,3

Рисунок В.8 – Склад та характеристика 2-го умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники

Members of Cluster Number 3 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 1 cases	
	Distance
Hungary	0,00

Рисунок В.9 – Склад та характеристика 3-го умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники

Members of Cluster Number 5 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 6 cases	
	Distance
Belgium	178210,4
Czech Republic	285438,5
Greece	180787,7
Portugal	166444,2
Sweden	214395,2
Switzerland	33687,1

Рисунок В.10 – Склад та характеристика 5-го умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники

Members of Cluster Number 6 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 10 cases	
	Distance
Albania	79537,7
Bosnia and Herzegovina	61652,2
Croatia	78712,8
Cyprus	183170,5
Estonia	34309,1
Georgia	77346,1
Lithuania	69543,9
Malta	85327,5
North Macedonia	71334,8
Slovenia	20053,4

Рисунок В.11 – Склад та характеристика 6-го умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники

Members of Cluster Number 7 (SpreadsheetShaparenko_.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 7 cases	
	Distance
Austria	131873,6
Bulgaria	128946,3
Denmark	88541,9
Finland	123594,4
Ireland	161437,3
Norway	164496,0
Serbia	302664,0

Рисунок В.12 – Склад та характеристика 7-го умовного кластеру країн Європи в розрізі станів обраних сфер, згідно показника евклідових відстаней, враховуючи всі початкові показники



Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE2	1,156047E+03	1	5,981918E+03	30	5,7977	0,022402
CE4	9,371665E+02	1	1,059644E+04	30	2,6532	0,113796
CE9	1,231157E+03	1	1,132356E+04	30	3,2618	0,080956
CE13	4,677493E+01	1	2,972019E+02	30	4,7215	0,037815
STK4	1,712694E+02	1	2,074494E+03	30	2,4768	0,126026
STK5	2,149776E+15	1	4,014479E+14	30	160,6516	0,000000
STK8	1,942319E+03	1	5,729425E+03	30	10,1702	0,003331
STK15	6,862507E+09	1	3,247525E+12	30	0,0634	0,802926
STK19	5,072167E-01	1	6,830305E+00	30	2,2278	0,145990
STK27	2,334692E+15	1	4,371994E+14	30	160,2033	0,000000
SE1	1,541976E+00	1	4,351687E+02	30	0,1063	0,746658

Рисунок В.13 – Аналіз адекватності моделі 1-но кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи лише значущі та близькі до таких показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE2	1,220859E+03	2	5,917106E+03	29	2,9917	0,065880
CE4	2,156482E+03	2	9,377127E+03	29	3,3346	0,049718
CE9	2,862078E+03	2	9,692635E+03	29	4,2816	0,023481
CE13	5,685347E+01	2	2,871234E+02	29	2,8712	0,072832
STK4	3,533100E+02	2	1,892454E+03	29	2,7071	0,083577
STK5	2,245759E+15	2	3,054649E+14	29	106,6031	0,000000
STK8	1,996751E+03	2	5,674993E+03	29	5,1018	0,012634
STK15	2,459709E+11	2	3,008417E+12	29	1,1855	0,319960
STK19	7,831352E-01	2	6,554387E+00	29	1,7325	0,194647
STK27	2,438548E+15	2	3,333436E+14	29	106,0736	0,000000
SE1	7,429837E+00	2	4,292808E+02	29	0,2510	0,779725

Рисунок В.14 – Аналіз адекватності моделі 2-ох кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи лише значущі та близькі до таких показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE2	1,226252E+03	3	5,911713E+03	28	1,9360	0,146677
CE4	2,173319E+03	3	9,360290E+03	28	2,1671	0,114210
CE9	3,097666E+03	3	9,457048E+03	28	3,0571	0,044594
CE13	1,306908E+02	3	2,132861E+02	28	5,7190	0,003490
STK4	5,083735E+02	3	1,737390E+03	28	2,7310	0,062640
STK5	2,488890E+15	3	6,233341E+13	28	372,6676	0,000000
STK8	2,236763E+03	3	5,434981E+03	28	3,8411	0,020195
STK15	3,457933E+11	3	2,908594E+12	28	1,1096	0,361779
STK19	7,911385E-01	3	6,546383E+00	28	1,1279	0,354642
STK27	2,684937E+15	3	8,695474E+13	28	288,1891	0,000000
SE1	6,164142E+01	3	3,750692E+02	28	1,5339	0,227537

Рисунок В.15 – Аналіз адекватності моделі 3-ох кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи лише значущі та близькі до таких показники

Variable	Analysis of Variance (SpreadsheetShaparenko.sta)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
CE2	2,836690E+03	5	4,301275E+03	26	3,4294	0,016382
CE4	3,655753E+03	5	7,877856E+03	26	2,4131	0,063371
CE9	4,690088E+03	5	7,864625E+03	26	3,1010	0,025123
CE13	1,335596E+02	5	2,104173E+02	26	3,3006	0,019351
STK4	9,555253E+02	5	1,290238E+03	26	3,8510	0,009600
STK5	2,520277E+15	5	3,094686E+13	26	423,4820	0,000000
STK8	2,777861E+03	5	4,893883E+03	26	2,9516	0,030616
STK15	6,622742E+11	5	2,592113E+12	26	1,3286	0,283252
STK19	1,223967E+00	5	6,113555E+00	26	1,0411	0,414834
STK27	2,723882E+15	5	4,800986E+13	26	295,0266	0,000000
SE1	1,052180E+02	5	3,314926E+02	26	1,6505	0,182051

Рисунок В.16 – Аналіз адекватності моделі 5-ти кластерного групування країн за 2021 рік, враховуючи лише значущі та близькі до таких показники