

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут  
«Інститут інформаційних технологій в економіці»**

**Кафедра математичного моделювання та статистики**

**Освітньо-професійна програма**

**Економічна кібернетика**

**Галузь знань**

**05 Соціальні та поведінкові науки**

**Спеціальність**

**051 Економіка**

Форма навчання: очна (денна)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

на тему «**Аналіз макроекономічних показників України у довоєнний і воєнний періоди**»

*(назва теми)*

здобувача Старченко Анастасії Романівни

*(ПІБ, підпис)*

Науковий керівник: кандидат економічних наук,  
доцент Кмитюк Т. Л.

*(науковий ступінь, учене звання, ПІБ)*

*(підпис)*

Робота допущена до захисту перед екзаменаційною комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)

Завідувач кафедри кандидат фізико-математичних наук,  
професор Великоіваненко Г.І.

*(підпис)*

**Київ 2023**

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| <b>ВСТУП</b> .....  | 3  |
| <b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ<br/>МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ</b> .....                            | 6  |
| 1.1 Сутність і значення макроекономічних показників.....  | 6  |
| 1.2 Ключові інструменти впливу на макроекономічні показники .....   | 7  |
| 1.3 Специфіка макроекономічного дослідження.....  | 9  |
| <b>РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ АНАЛІЗУ<br/>ТА МОДЕЛЮВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ</b> ..... | 12 |
| 2.1 Економетричний підхід дослідження макроекономічних показників<br>модель та її побудова .....                | 12 |
| 2.2 Економетрична модель на основі покрокової регресії.....   | 15 |
| 2.3 Оцінка якості економетричних моделей.....   | 17 |
| <b>РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ЕКОНОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ<br/>МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ</b> .....               | 26 |
| 3.1 Первинний аналіз макроекономічних показників України.....   | 26 |
| 3.2 Моделювання ВВП України як основного макроекономічного<br>показника.....                                    | 34 |
| 3.3 Побудова економетричної моделі на основі покрокової регресії .....  | 38 |
| <b>ВИСНОВКИ</b> .....   | 45 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....   | 49 |

## ВСТУП

Важливим інструментом розуміння економічного стану країни, оцінки ефективності економічної політики та прогнозування її майбутнього розвитку є аналіз макроекономічних показників.

Оцінка загального здоров'я економіки країни за допомогою аналізу таких показників як ВВП, інфляція, безробіття та інші дозволяє визначити, наскільки успішно функціонує економіка, і виявити проблемні області, що вимагають уваги. Крім того, що це допомагає відстежувати тенденції та динаміку розвитку економіки країни, це також дає можливість прогнозувати майбутній розвиток та визначити фактори, що йому сприяють чи перешкоджають.

Ідентифікація економічних викликів та визначення потреб і пріоритетів особливо важливе за часів одного з найруйнівніших і найстрашніших явищ, які можуть статися в житті будь-якої країни - війни. Наслідки збройного конфлікту в Україні мали величезний вплив на різні аспекти економіки країни, соціальної структури та політичної ситуації. Цей вплив відчувається як під час самого конфлікту, так і буде відчутний після його закінчення ще довгий час.

Аналіз макроекономічних показників України часів довоєнного та воєнного періодів дозволяє оцінити економічні наслідки військових конфліктів та довоєнної напруги на економіку країни. Результати аналізу допоможуть зрозуміти найбільш проблемні місця економіки та розробити стратегії відновлення після війни. Також такий аналіз сприятиме оцінці ефективності державних заходів підтримки та допоможе приймати поінформовані рішення для досягнення економічної стабільності.

Ще з 2014 року після початку збройного конфлікту на Сході і Півдні тема впливу війни на країну зацікавила багатьох дослідників. Так О. Воронін[1], С. Іванов [2] та О. Сохацький[3] у своїх роботах досліджували як наслідки війни відчуваються у різноманітних сферах життєдіяльності, зокрема функціонування підприємств, суспільства і держави в цілому. Військові дії мали неабиякий вплив на економічний сектор України, адже руйнування виробничих потужностей, порушення поставок і торгівлі, скорочення інвестицій та втрати ринків збуту

призвели до серйозного спаду економіки. Багато підприємств були змушені закритися, що призвело до збільшення безробіття та погіршення умов життя для багатьох українців. Війна призвела до масового переселення населення, що зчинило тиск на державні ресурси та інфраструктуру.

Тому не тільки українці, а й увесь світ аналізує макроекономічну політику України та проводить дослідження щодо заходів, щоб вивести економіку України на стійку траєкторію протягом війни. Так автори роботи *Macroeconomic policies for wartime Ukraine* [4] підкреслюють, що українська криза не є середовищем для типової програми макроекономічної корекції. Надзвичайним викликом має відповідати надзвичайна політика та надзвичайна підтримка з боку міжнародних партнерів України.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз та моделювання макроекономічних показників, їх взаємозалежності та впливу один на одного.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання::

- Визначити сутність макроекономічних показників;
- Дослідити взаємозалежність макроекономічних показників;
- Виявити тенденції зміни показників у довоєнний і воєнний періоди;
- Побудувати економетричну модель макроекономічних показників в Україні;
- Визначити доцільність використання побудованої моделі.

Об'єкт дослідження: макроекономічні показники України.

Предмет дослідження: інструментарій економіко-математичного моделювання та аналізу макроекономічних показників.

Методи дослідження. Для виконання роботи та проведення аналізу було застосовано структурно-динамічний аналіз, який допоміг вивчити структуру та динаміку макроекономічних показників протягом досліджуваного періоду, та виявити певні закономірності: тенденцію та сезонність. Також був використаний регресійний аналіз для оцінки зв'язку між залежними та незалежними змінними. В даній роботі побудована множинна лінійна регресійна модель для визначення впливу ключових макроекономічних показників на головний показник - ВВП.

Інформаційна база дослідження. Інформаційна база для роботи включає:

1. Література та дослідження: Використання наукової літератури, публікацій, досліджень та практичних робіт з області аналізу макроекономічних показників та побудови регресійних моделей . Ця інформація дозволяє ознайомитися з підходами, методами та кращими практиками в даній області.

2. Статистичні дані: Були проаналізовані статистичні дані макроекономічних показників за період 2012-2022 років для отримання детальної інформації про стан економіки країни.

3. Інтернет-ресурси: Веб-сайти державних установ, а саме Міністерства фінансів України, Національного банку України та Незалежної асоціації банків України та інші ресурси, де можна знайти актуальну інформацію про макроекономічні показники за досліджуваний період, а також аналітичні матеріали про стан макроекономіки України.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

### 1.1 Сутність і значення макроекономічних показників

Макроекономічні показники – це кількісні показники, що використовуються для вимірювання та аналізу основних аспектів економіки загалом. Вони є статистичними даними, які описують різні аспекти економічної активності на рівні країни чи регіону. [5][6]

Макроекономічні показники включають широкий спектр змінних, які охоплюють різноманітні сфери економіки. Деякі з основних макроекономічних показників включають [7]:

- Валовий внутрішній продукт (ВВП): вимірює вартість всіх кінцевих товарів та послуг, вироблених країни за певний період. ВВП є основним показником економічного обсягу та дозволяє оцінити рівень економічної активності та зростання.
- Інфляція: вимірює рівень зміни загального рівня ціни товари та в економіці. Інфляція впливає купівельну спроможність, доходи населення та прийняття економічних рішень.
- Безробіття: відображає частку безробітних людей економіки. Безробіття є важливим показником соціальної справедливості та ефективного використання ресурсів.
- Торговий баланс: вимірює різницю між експортом та імпортом товарів та послуг. Торговий баланс впливає на зовнішній сектор економіки та може мати важливі наслідки для валютного курсу та міжнародних фінансових потоків.
- Курс валюти: визначає вартість однієї валюти щодо іншої та відображає попит та пропозицію на валюту на міжнародних ринках. Зміна курсу валюти може мати значний вплив на економіку країни, впливаючи на зовнішню торгівлю, інвестиції, інфляцію та економічну конкурентоспроможність. [8]

Макроекономічні показники надають інформацію для аналізу та оцінки стану економіки, прийняття економічних рішень, планування та формування політики. Вони також дозволяють порівнювати економічну продуктивність різних країн та вивчати тенденції у розвитку світової економіки.[9] Отже, суть макроекономічних показників полягає у вимірі, аналізі та відслідковуванні різних аспектів економічної активності на рівні країни чи регіону. Вони надають кількісну інформацію про різні аспекти економіки, що дозволяє оцінити її стан, розвиток та ефективність. [10]

## 1.2 Ключові інструменти впливу на макроекономічні показники

Незважаючи на свою важливість, макроекономічні показники не статичні або нерухомі. Вони схильні бути під впливом різних факторів, які можуть змінювати їх значення та динаміку. Розуміння того, що макроекономічні показники можуть бути піддані впливу, є ключовим для аналізу економічної ситуації та прийняття обґрунтованих економічних рішень. Факторами, що можуть впливати на макроекономічні показники, можуть бути[11]:

- Державна політика: фіскальна та монетарна політика уряду мають значний вплив на макроекономічні показники. Наприклад, зміни у податковій політиці та державних витратах можуть впливати на рівень економічної активності, інвестиції та споживання.
- Світова економіка: макроекономічні показники країни можуть бути піддані впливу світової економічної кон'юнктури. Глобальні події, такі як фінансові кризи, торгові війни, зміни валютних курсів та міжнародні інвестиції, можуть значно впливати на економіку країни.
- Ринкові умови: зміни у попиті та пропозиції на ринку товарів та послуг, а також на фінансових ринках можуть впливати на макроекономічні показники.

Наприклад, спад економіки може призвести до скорочення виробництва, зростання безробіття і зниження споживчого попиту.

- Технологічний прогрес: інновації та технологічний прогрес можуть стимулювати економічне зростання та покращення продуктивності. Нові технології можуть підвищити ефективність виробництва, створити нові ринки та вплинути на макроекономічні показники, такі як ВВП та рівень безробіття.

- Демографічні зміни: зміни у структурі населення, такі як збільшення кількості працездатного населення або старіння населення, можуть впливати на макроекономічні показники, включаючи споживання, заощадження та пенсійні системи.

- Природні та кліматичні умови: природні лиха, зміна клімату та екологічні фактори, оскільки вони призводять до руйнування фізичної інфраструктури, скорочення виробництва та споживання, а також втрати людського капіталу. Це може призвести до зниження економічного зростання, підвищення безробіття та нестабільності у фінансовій системі. Крім того, природні лиха можуть також впливати на міжнародну торгівлю та інвестиції, викликаючи зниження експорту, збільшення імпорту та збитки для інвестиційного середовища країни. [12]

Війна має серйозний вплив на абсолютно всі макроекономічні показники країни. [13] По-перше, це скорочення виробництва, адже військові дії можуть призвести до руйнування фізичної інфраструктури, підприємств та сільськогосподарських угідь, що в свою чергу призводить до зниження виробництва товарів та послуг, що позначається на ВВП та економічному зростанні країни. [14, 15] По-друге, це означає збільшення витрат на оборону. Військові конфлікти вимагають значних фінансових ресурсів для фінансування військових операцій, озброєння та підтримки військових сил. Збільшення видатків на оборону може призвести до дефіциту бюджету та скорочення інвестицій в інші сектори економіки. По-третє, війна породжує зростання безробіття та соціальну нестабільність. Військова діяльність може призвести до втрати робочих місць та

збільшення безробіття, що може знизити споживчий попит та призвести до зниження економічної активності. Крім того, військові конфлікти часто супроводжуються соціальними напруженнями, міграцією та втратою людського капіталу, що також негативно впливає на економіку. І врешті-решт, зниження інвестицій та міжнародної торгівлі. Військові конфлікти створюють невизначеність та ризики для бізнесу та інвестицій. Іноземні інвестори можуть уникати вкладень у країну, що у стані війни, що призводить до скорочення припливу капіталу та обмеження можливостей для економічного розвитку. Крім того, військові дії можуть призвести до припинення або зниження міжнародної торгівлі, що негативно позначається на експорті та імпорті країни.

### 1.3 Специфіка макроекономічного дослідження

Фокус макроекономічного дослідження полягає у аналізі економіки загалом, тобто на рівні країни чи регіону, а не на окремих галузях чи фірмах.

Особливістю такого дослідження є використання агрегованих даних, тобто даних, які поєднують інформацію з різних джерел та секторів економіки. Це включає загальний рівень ВВП, інфляцію, безробіття, курси валют та інші макроекономічні показники. [16]

Макроекономічне дослідження часто використовує формальні моделі для пояснення та прогнозування економічних явищ. Ці моделі ґрунтуються на теоретичних припущеннях та статистичних методах, і дозволяють дослідникам аналізувати вплив різних факторів на економічну поведінку та приймати більш поінформовані рішення.

Дослідження макроекономіки приділяє увагу широкому спектру економічних чинників та явищ, таких як економічне зростання, інфляція, безробіття, торговельний баланс, державний борг, грошова політика та фіскальна політика.

Воно прагне зрозуміти взаємозв'язки між цими чинниками та їх впливом на економіку загалом. [17]

Часто дослідження макроекономічних показників має політичне значення, оскільки його результати та висновки зазвичай використовуються для ухвалення економічної політики урядами та центральними банками. Воно допомагає визначити оптимальні стратегії та інструменти для досягнення сталого економічного зростання, стабільності та справедливості.

Загалом, макроекономічний аналіз - це процес вивчення та вимірювання основних економічних показників та явищ на рівні всієї економіки або її великих сегментів. Він ґрунтується на зборі, аналізі та інтерпретації даних, пов'язаних з такими факторами, як ВВП, інфляція, безробіття, інвестиції, споживання та торговельний баланс. [18]

Важливість макроекономічного аналізу полягає в наступному[19]:

- Розуміння економічного стану: макроекономічний аналіз дозволяє оцінити поточний стан економіки країни або регіону. Він допомагає визначити рівень економічного зростання, інфляції, безробіття та інших ключових показників, що дає змогу формувати загальну картину стану економіки.
- Прогнозування та планування: Макроекономічний аналіз допомагає передбачити майбутні тенденції та події в економіці. Це дозволяє державним органам, підприємцям та інвесторам приймати обґрунтовані рішення та розробляти стратегії на основі прогнозів та прогнозованих змін в економіці.
- Оцінювання ефективності економічної політики: Макроекономічний аналіз допомагає оцінити результати економічної політики та заходів, які вживає уряд і центральні банки. Він дозволяє визначити, наскільки успішно досягаються поставлені економічні цілі, та внести необхідні коригування у політику, якщо потрібно.
- Вимірювання соціального добробуту: Макроекономічний аналіз допомагає виміряти і оцінити рівень добробуту населення, оскільки пов'язані з чинниками, як-от доходи, зайнятість і доступність товарів та послуг. Це допомагає

визначити соціальні проблеми, такі як нерівність, бідність та соціальна виключеність, та розробити відповідні політики для їх вирішення.

Отже, макроекономічне дослідження є важливим для розуміння та прогнозування економічних процесів, формулювання ефективної економічної політики та прийняття обґрунтованих рішень. Воно допомагає урядам, бізнесу та інвесторам аналізувати та відповідно реагувати на зміни в національному доході, зайнятості, інфляції та інших макроекономічних показниках.

## РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

### 2.1 Економетричний підхід дослідження макроекономічних показників модель та її побудова

Економетрична модель — це функція чи система функцій, що описує кореляційно-регресійний зв'язок між економічними показниками, причому залежно від причинних зв'язків між ними один чи кілька із цих показників розглядаються як залежні змінні, а інші — як незалежні.

Економетричні моделі належать до функціональних моделей. Вони кількісно описують зв'язок між вихідними показниками  $X$  економічної системи та результативним показником  $Y$ . У загальному вигляді економетричну модель можна записати так:

$$Y = f(X, e) \quad (2.1)$$

де  $X$  — вихідні економічні показники;  $e$  — випадкова, або стохастична, складова.

Економетрична модель містить набір регресійних рівнянь, що описують стохастичні зв'язки між досліджуваними економічними показниками, а також певні тотожності, які характеризують співвідношення між економічними показниками. Найпоширеніший математичний вид досліджуваних взаємозв'язків - лінійний (відносно параметрів) [20].

Лінійна регресія є базовим методом для побудови моделей, прогнозування і класифікації значень на основі навчальних даних.

Проста лінійна регресія (лінійна парна регресія) моделює взаємозв'язок між двома змінними ( $Y$  та  $X$ ).

При цьому змінна  $Y$  – змінна яку намагаються передбачити (залежна або вихідна змінна)

$X$  – змінна, що використовується для передбачення змінної  $Y$  (незалежна змінна, предиктор, вхідна змінна).

Математична форма лінійної парної регресії має вигляд:

$$y_i = \beta b_0 + b_1 x + e_i \quad (2.2)$$

Де  $b_0$  та  $b_1$  – константи (параметри моделі), які необхідно визначити;  
 $e_i$  – похибка моделі.

У випадку коли предикторів декілька, рівняння регресії має вигляд:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_{1,i} + b_2 X_{2,i} + \dots + b_n X_n + e \quad (2.3)$$

Головна задача лінійних регресійних моделей зводиться до задачі пошуку або розрахунку параметрів регресії.

В регресійних моделях існує два типи параметрів:

- $b_0$  – коефіцієнт автономності (використовується для знаходження значення залежної змінної при інших (незалежних) змінних = 0)
- $b_n$  – показує на скільки зміниться величина  $Y$  при змінненні величини  $X_n$  на 1 ум. од.

Для визначення параметрів моделі використовують метод найменших квадратів (МНК, least squares).

Сутність методу найменших квадратів (МНК) полягає у знаходженні таких значень матриці параметрів  $B$  моделі, при яких сума квадратів залишків була б мінімальною. Мінімізуючи суму квадратів залишків шляхом знаходження першої похідної за складовими, можна знайти оцінки для теоретичної моделі. [20]

Тобто, необхідно підібрати такі параметри моделі, за яких сума квадрату відхилення (RSS, residual sum of squares) від реальних значень буде мінімальною.

$$RSS = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - b_n X_n)^2 \quad (2.4)$$

А параметри моделі знаходяться за формулами:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.5)$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \quad (2.6)$$

Оцінка параметрів множинної моделі зводиться до матричного вигляду[23]:

$$\beta = (X^T X)^{-1} * X^T Y \quad (2.7)$$

*Де  $\beta$  – вектор оцінок параметрів моделі*

*X – матриця предикторів з одиничним першим стовпчиком\**

*X<sup>T</sup> – транспонована матриця предикторів.*

*Y – матриця незалежної змінної.*

Для правильної інтерпретації коефіцієнтів МНК-моделі, необхідно, щоб виконувались такі вимоги [21, 22]:

1. **Нормальність** – значення залежної змінної нормально розподілені при фіксованих значеннях незалежних змінних.
2. **Незалежність** – значення залежної змінної мають бути незалежні одна від одної.
3. **Лінійність** – залежна змінна лінійно пов'язана з незалежними

У разі невиконання цих вимог, тести на значущість та довірчі інтервали можуть бути вираховані неточно, або вказувати не статистичну значущість.

## 2.2 Економетрична модель на основі покрокової регресії

Зазвичай більшість економічних процесів характеризуються складністю, що вимагає використовувати у процесі дослідження та моделюванні не просту, а множинну регресійну модель. При цьому виникає актуальна проблема - визначення найважливіших змінних у моделі, тобто які фактори необхідно включити (чи виключити) у модель, а також які з включених змінних найбільше сприяють статистичній значущості моделі. Існує два головних правила, які дотримуються дослідники, щодо включених факторів у множинну регресію[23]:

- 1) кількісне вимірювання (у разі наявності якісного фактора здійснюється його заміна на кількісний (наприклад, у вигляді балів, рангів, бінарних вимірів тощо);
- 2) відсутність взаємозв'язку (кореляційної залежності) між собою (наявність даного явища, в регресійному аналізі, має назву мультиколінеарність).

Отже, відбір факторів можна проводити на основі двох підходів: якісного теоретико-економічного аналізу або кількісного аналізу. Однак теоретичний аналіз часто не дозволяє однозначно відповісти на питання про кількісний взаємозв'язок розглядуваних ознак і доцільності включення факторів в модель. Тому відбір факторів зазвичай проводять на основі кількісного аналізу з використанням статистичних та математичних методів.

Серед методів, які дозволяють відібрати найкращі фактори, можна виділити базовий – покрокова регресія [24]. Розрізняють три методи її побудови:

- Пряма покрокова регресія (forward stepwise)
- Зворотна покрокова регресія (backward stepwise)
- Комбінована покрокова регресія (stepwise stepwise)

Проста лінійна регресія (покрокова регресія) в економетриці використовується для оцінки та пояснення зв'язку між двома змінними: залежною змінною (ендогенною) та незалежною змінною (екзогенною). Пряма покрокова регресія включає послідовне виконання кількох кроків з метою оцінки параметрів моделі. Кроки, які включає пряма покрокова регресія:

- **Визначення моделі:** Спочатку потрібно визначити математичну формулу моделі, яка передбачає лінійну залежність між залежною та незалежною змінними за формулою [2.2] або [2.3].

- **Поступове додавання змінних:** У цьому кроці кожна незалежна змінна послідовно додається в модель, одна за одною. До кожного кроку оцінюються параметри моделі з допомогою методу найменших квадратів. Після додавання кожної змінної відбувається переоцінка параметрів моделі.

- **Оцінювання значущості змінних:** Важливим кроком у прямій пошаговій регресії є оцінка значущості доданих змінних. Це може бути виконано шляхом аналізу значущості параметрів моделі, статистичних тестів (наприклад, t-тестів) та оцінки додаткової пояснюючої здатності змінних (наприклад, за допомогою коефіцієнта детермінації R).

Зворотна покрокова регресія (backward stepwise regression) - це метод економетриці, який використовується для вибору найбільш значущих змінних у моделі шляхом послідовного видалення незначних змінних. Він починає з повної моделі, що включає всі доступні незалежні змінні, і потім крок за кроком виключає незначні змінні до тих пір, поки не залишиться набір статистично значущих змінних. Кроки, які включає зворотна покрокова регресія:

- **Визначення повної моделі:** Спершу будується повна модель, яка включає всі доступні незалежні змінні, які можуть бути теоретично пов'язані із залежною змінною.

- **Оцінювання повної моделі.**

- **Оцінювання значущості змінних:** Для кожної незалежної змінної у повній моделі оцінюється її значущість за допомогою статистичних тестів, таких як t-тест або F-тест. Незначні змінні виключаються із моделі.

- **Покрокове видалення змінних:** На цьому кроці найменш значуща змінна з змінних, що залишилися, видаляється з моделі. Потім параметри моделі переоцінюються без віддаленої змінної.

- **Оцінка значущості віддалених змінних:** Видалені змінні можуть бути оцінені окремо, щоб визначити їх значущість та вплив на модель. Якщо якась

віддалена змінна виявляється статистично значущою, вона може бути включена назад у модель.

- Повторення попередніх двох кроків. Процес крокового видалення та оцінки значущості змінних повторюється до тих пір, поки всі змінні моделі не стануть статистично значущими або до досягнення заданого критерію зупинки.

Зворотна покрокова регресія дозволяє скоротити модель до найбільш значущих змінних, покращуючи інтерпретованість моделі та уникаючи проблеми мультиколінеарності. Однак слід пам'ятати, що вибір змінних може залежати від вибору критеріїв значущості та може відрізнятись залежно від даних та контексту дослідження.

Комбінована покрокова регресія (combined stepwise regression) - це метод в економетрії, який поєднує особливості прямої (впередньої) та оберненої пошагової регресії. Він використовується для вибору найбільш значимих змінних в моделі шляхом послідовного додавання та вилучення змінних на кожному кроці.

### 2.3 Оцінка якості економетричних моделей

Після побудови моделі, виконується перевірка адекватності моделі. Для цього розраховуються наступні показники. [25]

Коефіцієнт детермінації відображає на скільки модель відповідає реальним значенням. Також він характеризує ступінь близькості змодельованих значень в їх сукупності до початкових даних. Коефіцієнт детермінації позначається як  $R^2$  і визначається формулою:

$$R^2 = 1 - SSR / SST. \quad (2.8)$$

де  $SSR$  (*Sum of Squares Residual*) представляє суму квадратів залишків (різниця між фактичними значеннями та передбаченими значеннями).

*SST (Total Sum of Squares) представляє загальну суму квадратів відхилень фактичних значень від їхнього середнього значення.*

Значення коефіцієнта детермінації існує в межах [0; 1].

Коефіцієнт кореляції відображає тісноту взаємозв'язку між залежною та незалежною змінною. Він визначається формулою 2.9:

$$R = \pm\sqrt{R^2} \quad (2.9)$$

Цей коефіцієнт приймає значення на проміжку [-1; 1] і характеризує тісноту зв'язку незалежної змінної із залежною. Наприклад, якщо коефіцієнт кореляції набуває значення 0,95, то між незалежними змінними та залежною існує дуже тісний прямо пропорційний зв'язок. Знак « - » перед коефіцієнтом кореляції свідчить про обернений зв'язок.

Критерій Фішера показує чи є модель статистично значущою. Він визначається формулою 2.10:

$$F_{\Phi} = \frac{R^2}{1 - R^2} * \frac{n - m}{m - 1} \quad (2.10)$$

де  $n$  – кількість спостережень,  $m$  – кількість змінних в моделі (у даному прикладі).

Після розрахунку критерію необхідно знайти табличне значення цього критерію, обравши рівень довіри 95% та ступені свободи  $m-1$  та  $n-m$ . Якщо  $F_{\Phi} > F_{\text{табл.}}$ , то коефіцієнт детермінації та модель в цілому є статистично значущими, у протилежному випадку – незначущими.

Значення, що вийшло, треба порівняти із табличним значенням при заданому рівні значущості. Якщо, розрахункове значення більше за табличне, модель є статистично значущою, тобто адекватною, а якщо навпаки, то модель не є статистично значущою.

Критерій Ст'юдента розраховується для всіх параметрів моделі та показує їх статистичну значущість. Він обчислюється за формулою 2.11:

$$t = \frac{b_i}{\sigma_{bi}} \quad (2.11)$$

де  $\sigma_{bi}$  стандартні похибки оцінок і параметра моделі.

Кожне розрахункове значення порівнюється з табличним значенням: якщо розрахункове значення більше за табличне, то відповідний параметр моделі є значущий, якщо навпаки, то не значущий.

Також, доцільно використовувати дослідження взаємозв'язку між пояснюючими змінними – дослідження на мультиколінеарність. Якщо існує кореляційний зв'язок між пояснюючими змінними, то модель не буде ефективною.

У контексті аналізу даних та побудови економетричних моделей вивчення мультиколінеарності відіграє важливу роль і представляє практичну значущість.

Мультиколінеарність — це існування тісної лінійної залежності, або сильної кореляції, між двома чи більше незалежними змінними.

Вона негативно впливає на кількісні характеристики економетричної моделі або робить її побудову взагалі неможливою. Так, мультиколінеарність пояснювальних змінних призводить до зміщення оцінок параметрів моделі, а це означає, що за їх допомогою не можна зробити коректні висновки про результати взаємозв'язку залежної та пояснювальних змінних. Тоді для оцінювання параметрів моделі метод найменших квадратів не придатний, оскільки матриця  $X'X$  буде виродженою. Така мультиколінеарність є екстремальною, або повною.

Виділяють два види:

- повна або структурна (існує функціональний зв'язок між факторами)
- часткова (існує кореляційний зв'язок між факторами)

Мультиколінеарність призводить до:

- великих довірчих інтервалів параметрів моделі (коефіцієнти чутливі до змін).

▪ низька точність оцінок параметрів моделі, що знижує статистичну потужність моделі.

Дослідження наявності мультиколінеарності в масиві предикторів на основі алгоритму Фаррара-Глобера

Найповніше дослідити мультиколінеарність можна на основі алгоритму Фаррара-Глобера. Для цього потрібно притримуватися таких кроків [26]:

Крок 1. Стандартизація незалежних змінних

Матриця змінних факторів  $X$  замінюється стандартизованою (нормалізованою) матрицею  $X^*$ .

В  $R$  нормалізація змінних виконується за допомогою функції `scale()`

Крок 2. Визначення кореляційної матриці

Знаходження кореляційної матриці згідно з двома методами нормалізації змінних:

$$r_{xx} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.12)$$

Крок 3. Визначення критерію  $\chi^2$

$$\chi^2 = - \left[ n - 1 - \frac{1}{6} (2m + 5) \right] \ln |r_{xx}|, \quad (2.13)$$

де  $|r_{xx}|$  – визначник кореляційної матриці  $r_{xx}$ ,  $\chi^2 > \chi_{кр}^2 = (\alpha, k)$

Розрахункове значення порівнюється з критичним (табличним). Якщо розрахункове значення більше критичного, це інформує нас про наявність ознаки мультиколінеарності в моделі. У протилежному разі – ця ознака відсутня.

Крок 4. Визначення оберненої матриці

$$C = r_{xx}^{-1} = \frac{1}{n-1} (X^{*'} X^*)^{-1}. \quad (2.14)$$

Крок 5. Обчислення F-критеріїв

$$F_j^* = (c_{jj} - 1) \cdot \frac{n-m}{m-1}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.15)$$

де  $C_{jj}$  – діагональні елементи оберненої матриці  $C$ .

За заданим рівнем значущості  $\alpha$  і числом ступенів свободи  $k_1 = n-m$ ,  $k_2 = m-1$  за таблицею визначається  $F_{кр} = (α, k_1, k_2)$ .

Якщо  $F_j^* > F_{кр} = (α, k_1, k_2)$ , то  $j$ -й регресор буде мати суттєвий зв'язок із регресорами, тобто  $j$ -та пояснювальна змінна мультиколінеарна з іншими. У протилежному разі – зв'язок не суттєвий.

Коефіцієнт детермінації для кожної змінної:

$$R_k^2 = 1 - \frac{1}{c_{kk}}. \quad (2.16)$$

Якщо коефіцієнт детермінації наближається до одиниці, то пояснювальна змінна мультиколінеарна з іншими.

Крок 6. Знаходження частинних коефіцієнтів кореляції

$$r_{kj} = \frac{-c_{kj}}{\sqrt{c_{kk} \cdot c_{jj}}}, \quad (2.17)$$

де  $c_{kj}$  – елемент матриці  $C$ , що міститься в  $k$ -му рядку і  $j$ -му стовпці;  $c_{kk}$  і  $c_{jj}$  – діагональні елементи матриці  $C$ .

Частинні коефіцієнти кореляції показують тісноту зв'язку між двома пояснюючими змінними за умови, що інші змінні не впливають на цей зв'язок.

Крок 7. Обчислення t-критеріїв

$$t_{kj} = \frac{r_{kj}\sqrt{n-m}}{\sqrt{1-r_{kj}^2}}. \quad (2.18)$$

Фактичні значення критеріїв  $t_{kj}$  порівнюються з табличними при ступенях свободи  $n-m$  і рівні значущості  $\alpha$ . Якщо  $t_{kj} > t_{\alpha}$ , то між пояснювальними змінними  $X_k$  і  $X_j$  існує мультиколінеарність.

Це був описаний метод дослідження вручну, який є досить громіздким та важким.

Метод дослідження мультиколінеарності за допомогою R studio:

Пакет `mctest` дає можливість провести різноманітні тести на мультиколінеарність:

Функція `imcdiag()` проводить індивідуальну перевірку незалежних змінних на мультиколінеарність.

Є низка методів, завдяки яким можна позбутися мультиколінеарності пояснюючих змінних. Основні з них:

- Використання додаткової або первинної інформації.
- Об'єднання інформації.
- Відкидання змінної з високою кореляцією.
- Перетворення даних (використання не абсолютних значень змінних, а їхні відхилення від свого середнього; Взяти абсолютний приріст показників (перші різниці) замість абсолютних показників).
- Збільшення кількості спостережень.

Для проведення процедури нормалізації використовуються наступні показники:

Критерій  $X^2$  показує чи існує мультиколінеарність в масиві пояснюючих змінних.

Якщо розрахункове значення  $X^2$  менше за табличне, то в масиві пояснюючих змінних мультиколінеарність відсутня, якщо розрахункове значення більше, то навпаки.

Критерій Фішера також показує яка змінна мультиколінеарна з іншими.

Якщо розрахункове значення більше за табличне, то відповідна змінна мультиколінеарна з іншими та навпаки.

Критерій Стюдента вказує між якими саме змінними існує мультиколінеарність.

Якщо розрахункове значення більше за табличне, то існує мультиколінеарність між змінними.

Іншим, важливим поняттям в економетриці та статистиці є автокореляція, яка вивчає зв'язок між значеннями однієї і тієї ж змінної у різні моменти часу. У контексті економічного аналізу автокореляція відіграє істотну роль, оскільки дозволяє виявити та вивчити наявність систематичних патернів у часових рядах економічних даних.

Автокореляція виникає, коли значення змінної в один момент часу залежать від попередніх значень. Це може бути пов'язано з різними факторами, включаючи інерцію економічних процесів, сезонні коливання, циклічність та інші часові закономірності. Розуміння та аналіз автокореляції дозволяють нам краще зрозуміти та пояснити динаміку економічних явищ та прогнозувати їх майбутній розвиток.

Одним із важливих аспектів вивчення автокореляції є її вплив на статистичні висновки та оцінки моделей. Наявність автокореляції може призвести до неправильних статистичних висновків, таких як недостовірність коефіцієнтів регресії та неправильні оцінки стандартних помилок. Тому коректне виявлення та коригування автокореляції є важливими кроками в аналізі часових рядів та побудові достовірних економетричних моделей.

Автокореляція залишків найчастіше спостерігається тоді, коли економетрична модель будується на основі часових рядів. Якщо існує кореляція між послідовними

значеннями деякої незалежної змінної, то спостерігатиметься і кореляція послідовних значень залишків.

У загальному випадку ми вводимо до моделі лише деякі з істотних змінних, а вплив змінних, які виключені з моделі, має позначитися на зміні залишків. Існування кореляції між послідовними значеннями виключеної з розгляду змінної не обов'язково має тягти за собою відповідну кореляцію залишків, бо вплив різних змінних може взаємно погашатися. Якщо кореляція послідовних значень виключених з моделі змінних спостерігається, то загроза виникнення автокореляції залишків стає реальністю.

Існує три підходи до визначення автокореляції[27]:

#### 1. Критерій Дарбіна-Уотсона

Визначається наступною формулою:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (2.19)$$

Значення критерію знаходиться на проміжку [0; 4].

Розраховане значення треба порівняти з табличними значеннями: є верхня (DW1) та нижня (DW2) межа.

Існує три випадки:

1) Якщо розрахункове значення менше DW1, то залишки мають автокореляцію

2) Якщо розрахункове значення більше DW2, то приймається гіпотеза про відсутність автокореляції.

3) Якщо DW1 < розрахункове значення < DW2, то доходимо висновку щодо наявності автокореляції неможливо.

#### 2. Критерій фон Неймана

Розраховується за наступною формулою:

$$Q = \frac{\frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{n-1}}{\frac{\sum_{t=1}^n Ue_t^2}{n}} \quad (2.20)$$

1) Якщо розрахункове значення  $Q$  менше за  $Q$  табличне, то існує додатна автокореляція.

2) Якщо розрахункове значення  $Q$  більше за  $Q$  табличне, то автокореляції не існує.

Від'ємна автокореляція не розглядається

3. Нециклічний коефіцієнт автокореляції

Існує на проміжку  $[-1; 1]$ .

Він розраховується за формулою:

$$r^* = \frac{\sum_{t=2}^n (U_t * U_{t-1}) - \frac{1}{n-1} (\sum_{t=1}^n U_t) (\sum_{t=2}^n U_{t-1})}{\sqrt{(\sum_{t=1}^n (U_t^2) - \frac{1}{n-1} (\sum_{t=1}^n U_t)^2) (\sum_{t=1}^n (U_{t-1}^2) - \frac{1}{n-1} (\sum_{t=2}^n U_{t-1})^2)}} \quad (2.21)$$

Якщо коефіцієнт від'ємний, то автокореляція від'ємна і навпаки. Якщо показник знаходиться біля нуля, то автокореляція відсутня.

## РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ЕКОНОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

### 3.1 Первинний аналіз макроекономічних показників України

Для дослідження були обрані такі основні макроекономічні показники, як: валовий внутрішній продукт, індекс споживчих цін, кількість безробітного населення, експорт та імпорт товарів та послуг, курс долара та євро, середньомісячна номінальна заробітна плата працівників, а також прожитковий мінімум. Набір даних включає поквартальні дані за період 2012-2022 роки (див. Таблиця 3.1).

Дані було взято з наступних ресурсів: офіційний сайт Незалежної асоціації банків України [28], офіційний сайт Міністерства фінансів [29] та офіційний сайт Національного банку України [30].

Таблиця 3.1 – Набір даних досліджуваних макроекономічних показників

| Quarter<br><dbl> | Unemployed<br><dbl> | CPI<br><dbl> | Export<br><dbl> | Import<br><dbl> | Euro<br><dbl> | Dollar<br><dbl> | MinSalary<br><dbl> | MinCostOfLiving<br><dbl> | GDP<br><dbl> |
|------------------|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------------------|--------------|
| 2012.1           | 1598.50             | 0.70         | 14794           | 19086           | 10.60         | 7.99            | 1073.000           | 1017.000                 | 283.33       |
| 2012.2           | 1397.80             | 0.09         | 16489           | 22307           | 10.16         | 7.99            | 1094.000           | 1037.000                 | 319.25       |
| 2012.3           | 1280.60             | -0.29        | 16360           | 21863           | 10.03         | 7.99            | 1102.000           | 1044.000                 | 361.83       |
| 2012.4           | 1348.00             | -0.20        | 16784           | 23017           | 10.42         | 7.99            | 1123.333           | 1071.667                 | 339.64       |
| 2013.1           | 2057.88             | 0.09         | 14355           | 18990           | 10.50         | 7.99            | 1147.000           | 1108.000                 | 303.39       |
| 2013.2           | 2713.57             | 0.20         | 14479           | 18156           | 10.41         | 7.99            | 1147.000           | 1108.000                 | 340.62       |
| 2013.3           | 3394.70             | -0.59        | 14562           | 22443           | 10.68         | 9.64            | 1147.000           | 1108.000                 | 386.53       |
| 2013.4           | 4243.07             | 0.50         | 15710           | 21645           | 10.96         | 11.66           | 1170.667           | 1130.667                 | 380.04       |
| 2014.1           | 1988.85             | 3.00         | 13057           | 15252           | 13.18         | 12.88           | 1218.000           | 1176.000                 | 312.09       |
| 2014.2           | 2672.28             | 11.60        | 13608           | 14793           | 15.95         | 14.56           | 1218.000           | 1176.000                 | 338.16       |

*Джерело: розроблено автором*

Після завантаження бібліотек та встановлення потрібних пакетів формат даних був перетворений в tsibble, також здійснено перевірку набору даних на наявність пропусків.

Оскільки пропущені значення відсутні, можна зробити базову візуалізацію даних по показникам.

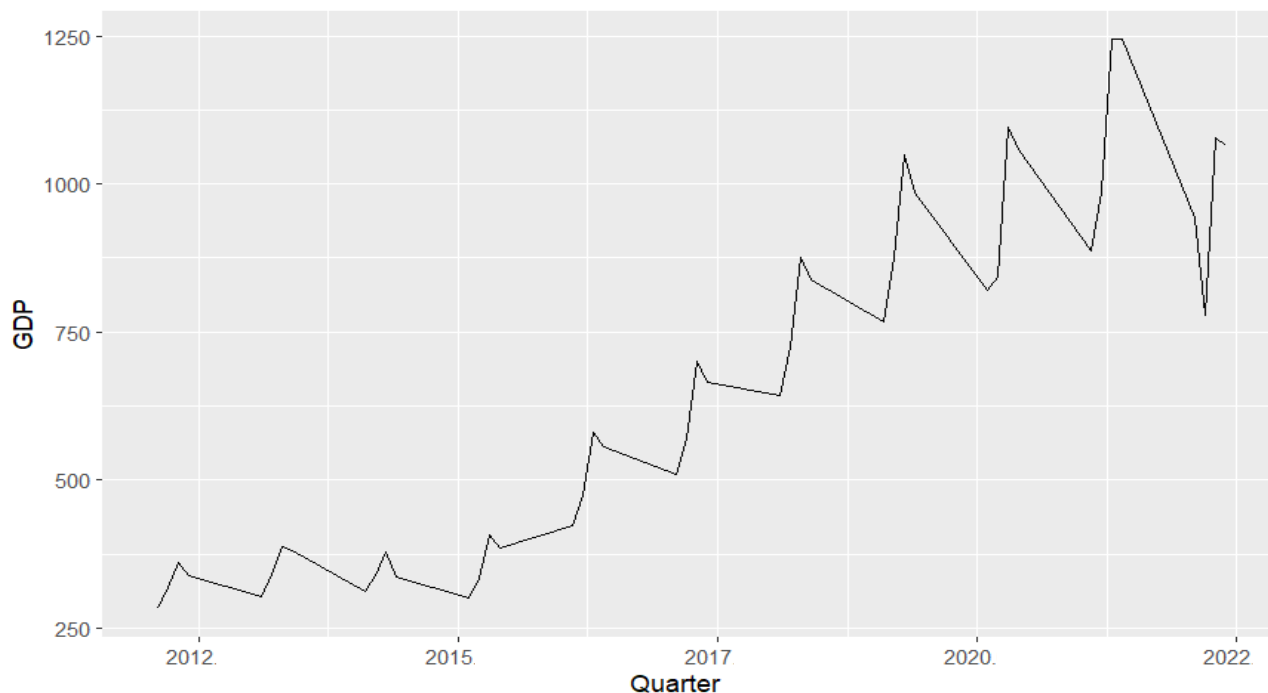


Рисунок 3.1 – Динаміка ВВП України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

Згідно рис. 3.1 ВВП збільшувався протягом 2012-2021 років і у першому кварталі 2022 бачимо суттєве зниження до рівня, який був у 2018-2019, хоча протягом останніх трьох кварталів значення підвищувались.

Рис. 3.2 показує, що кількість безробітних на перший квартал кожного року нижча за інші три квартали, проте різкого підвищення кількості безробітних з моменту повномасштабного вторгнення порівняно з іншими роками не відбулось.

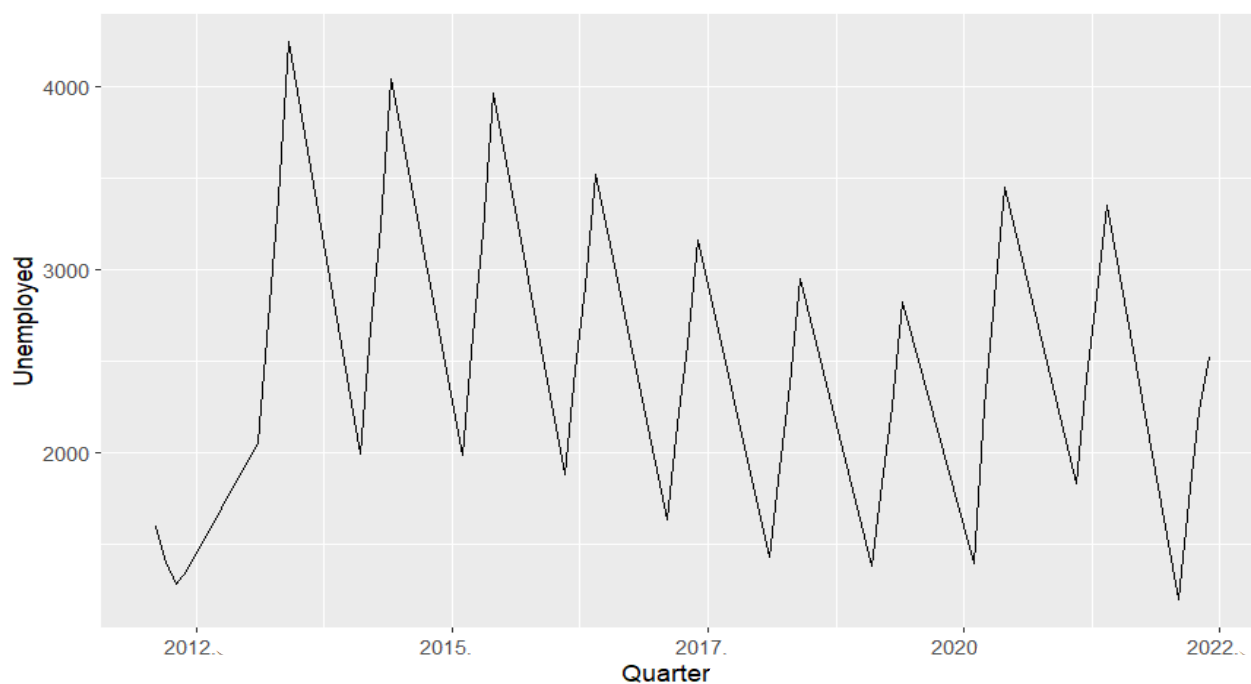


Рисунок 3.2 – Динаміка кількості безробітних України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

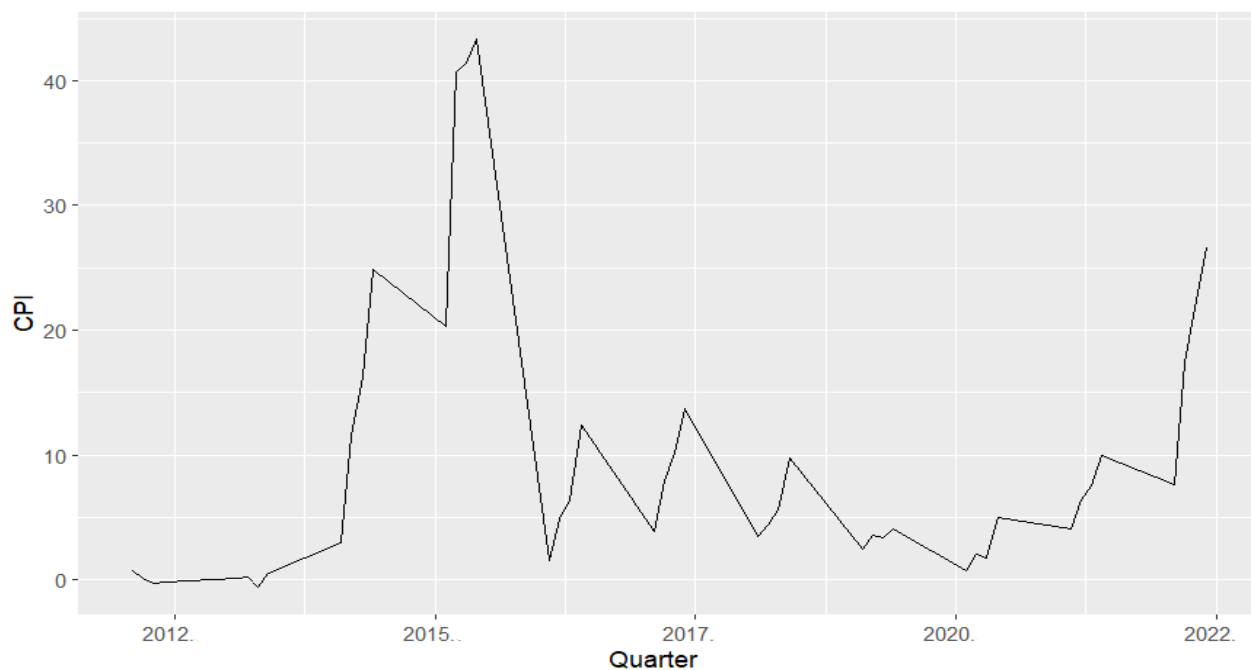


Рисунок 3.3 – Динаміка індексу споживчих цін України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

А індекс споживчих цін з рис. 3.3 мав пікові значення у 2014-2015 роках, далі істотно знизився, проте саме у 2022 році значення різко зросло.

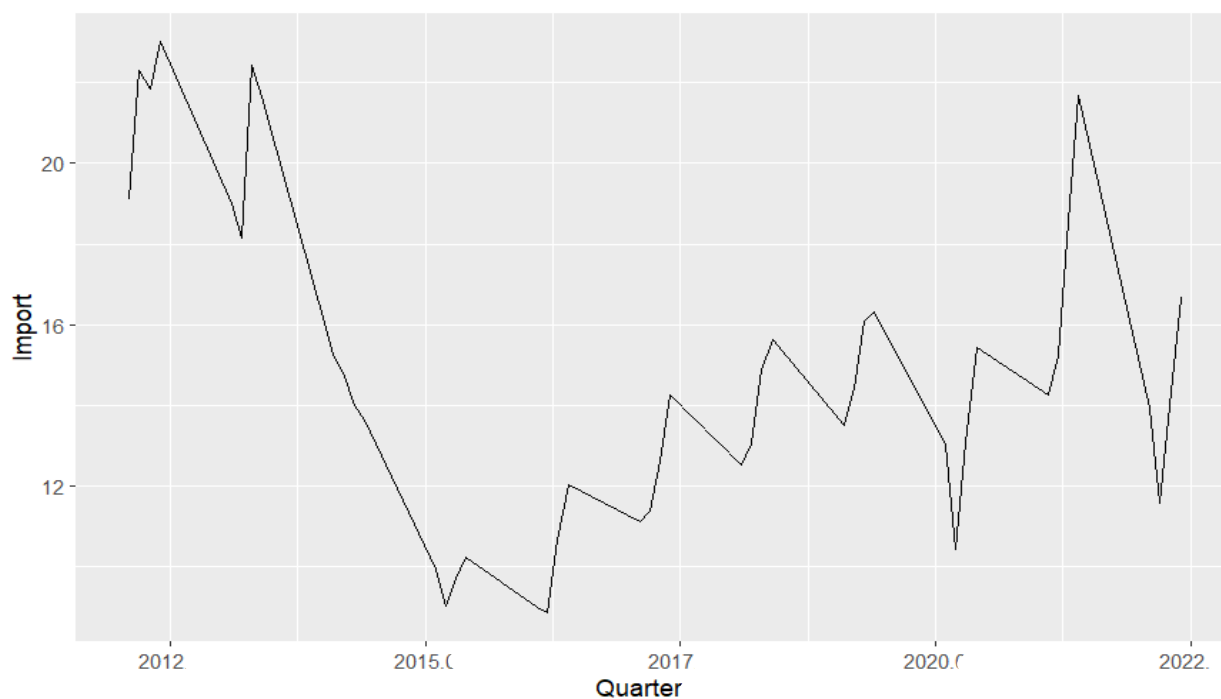


Рисунок 3.4 – Динаміка імпорту товарів та послуг України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

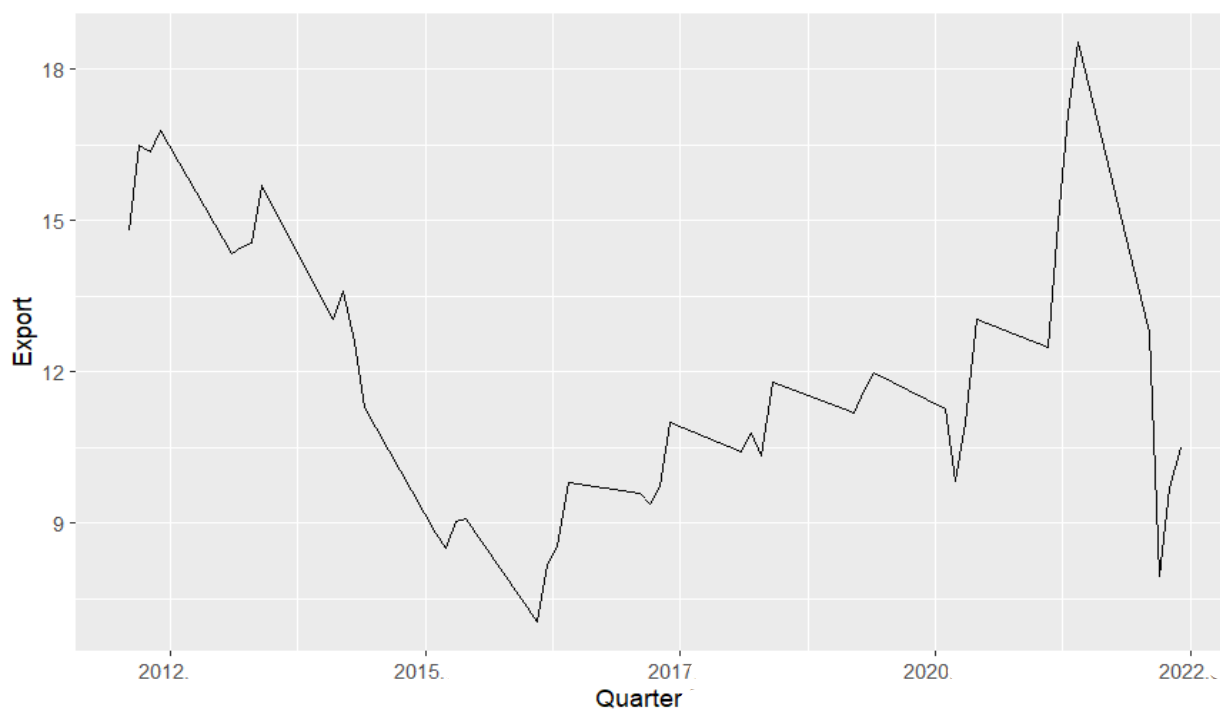


Рисунок 3.5 – Динаміка експорту товарів та послуг України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

Цифри експорту та імпорту з рис. 3.4 та 3.5 показують, що саме з моменту початку війни значення різко впали майже до рівня 2016 року, в якому були найнижчі показники.

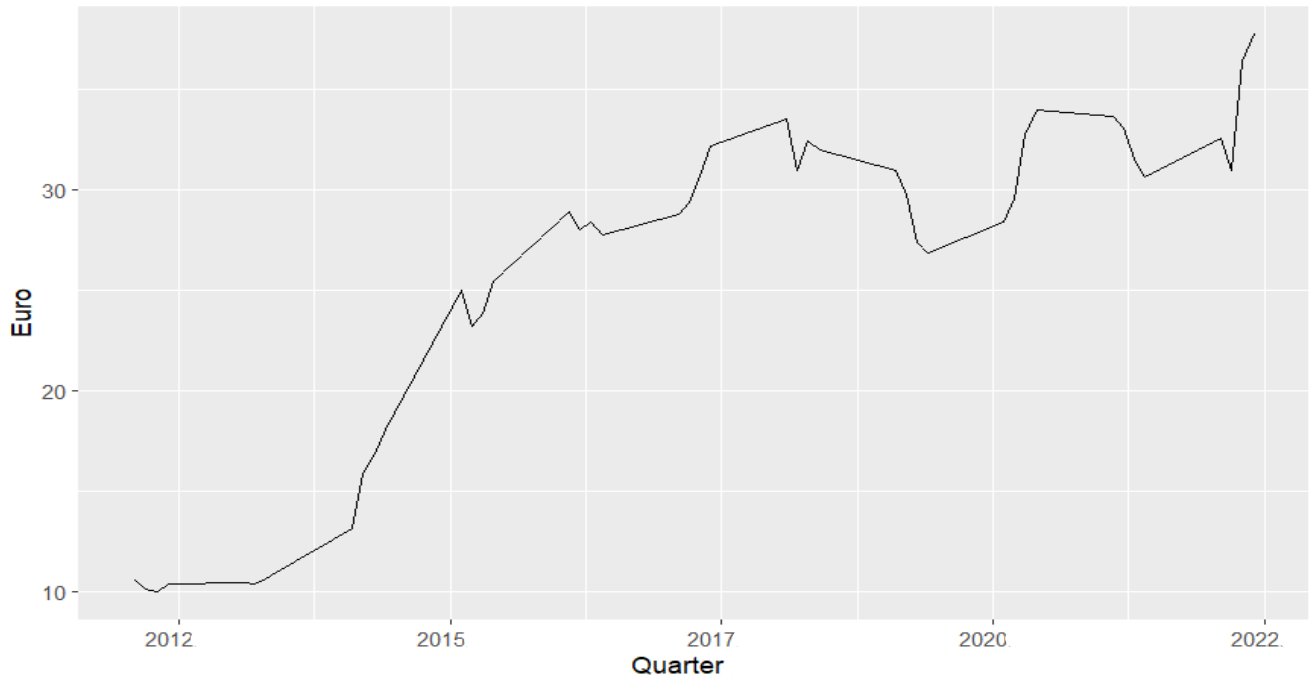


Рисунок 3.6 – Динаміка курсу євро України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

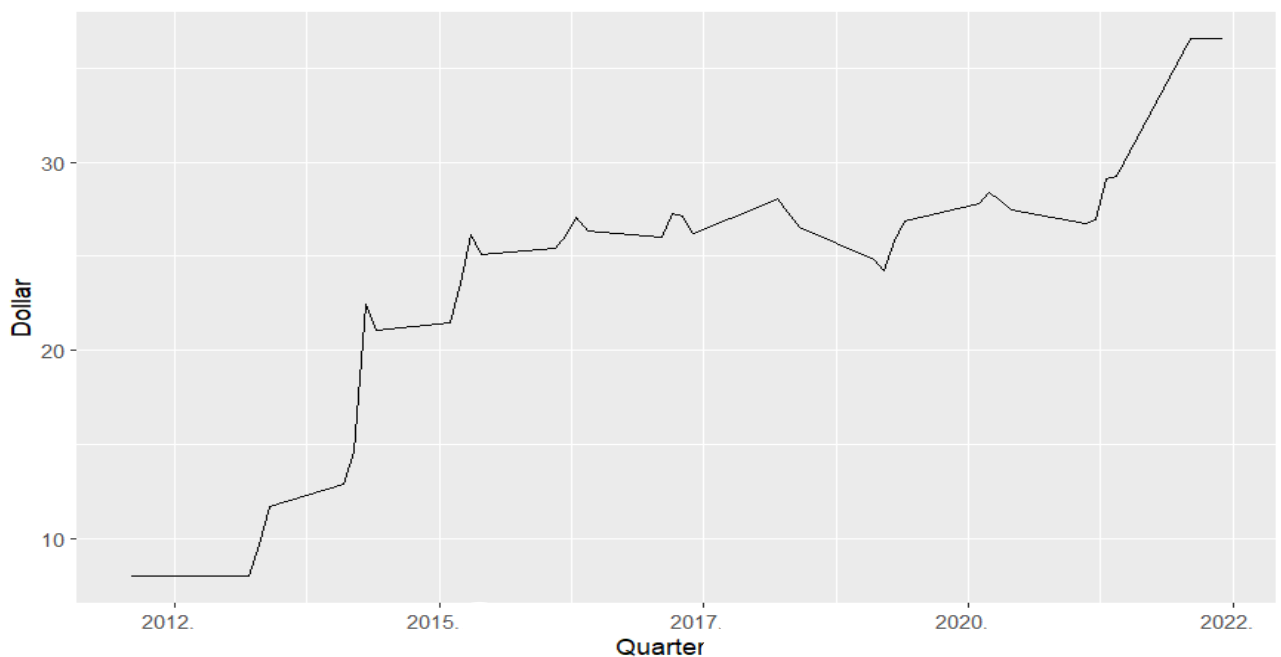


Рисунок 3.7 – Динаміка курсу долара України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

Також з рис. 3.6 та 3.7 бачимо, що курс долара і євро мали схожу тенденцію протягом досліджуваного періоду, а у 2022 курси дуже різко підвищились.

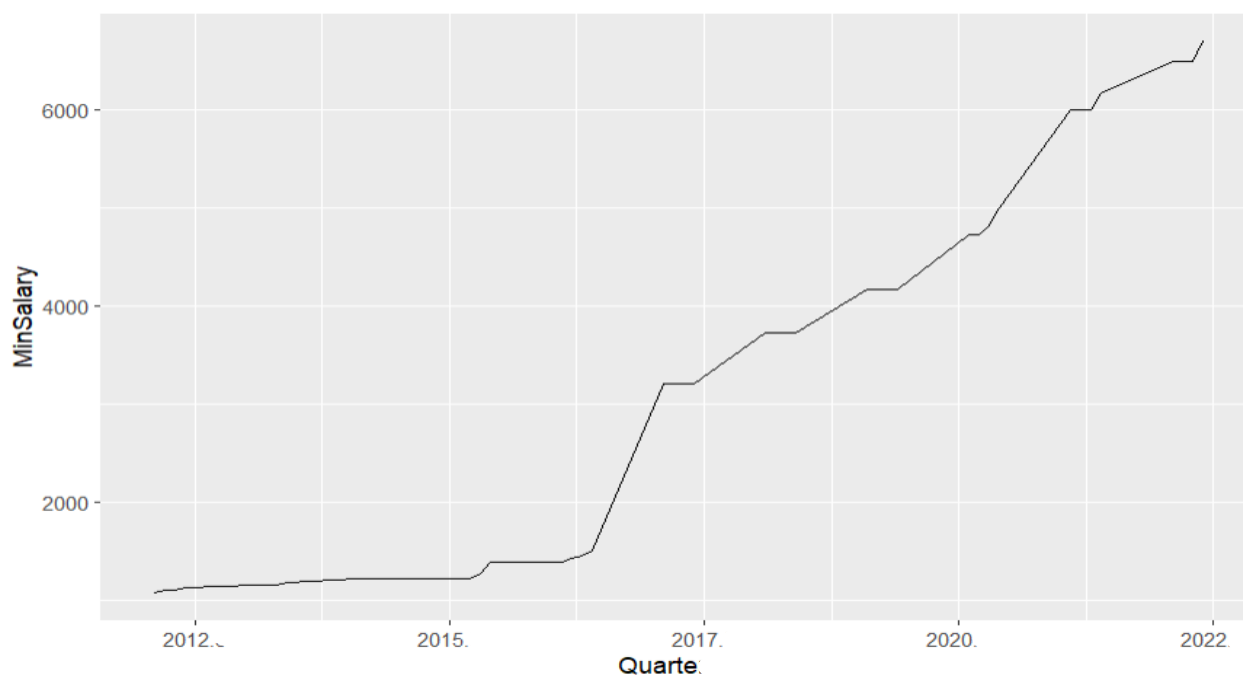


Рисунок 3.8 – Динаміка мінімальної заробітної плати України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

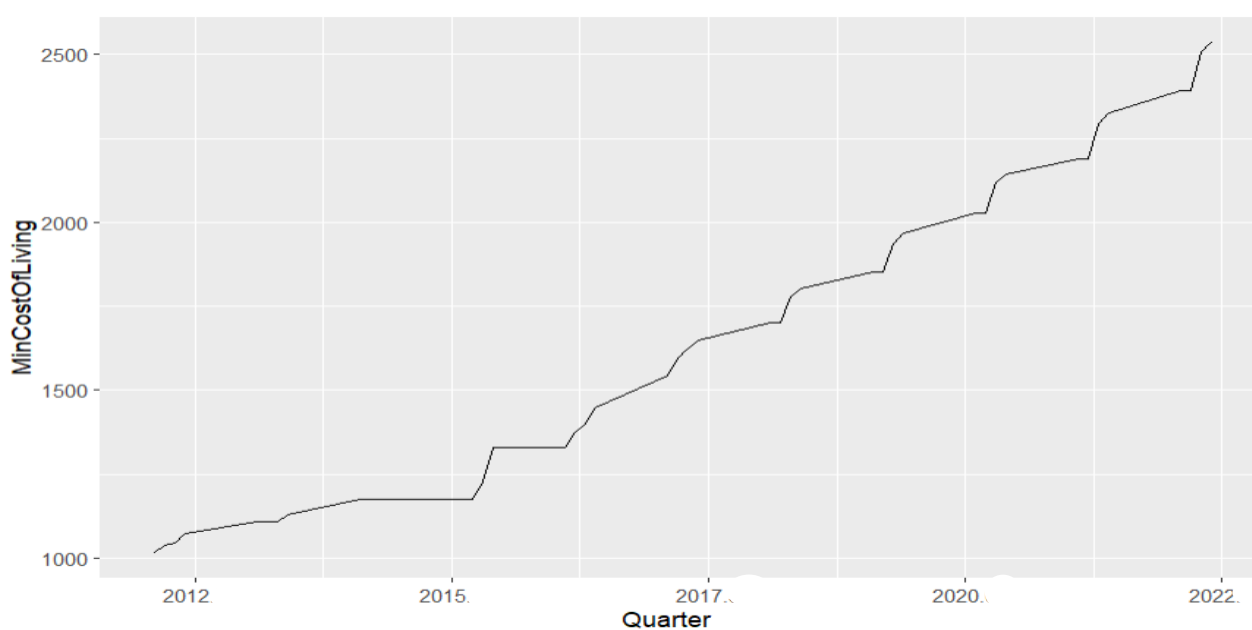


Рисунок 3.9 – Динаміка мінімального прожиткового мінімуму України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

Значення мінімальної заробітної плати та прожиткового мінімуму постійно зростали протягом досліджуваного періоду.

Після перетворення в довгий формат, перевіряємо показники на сезонність.

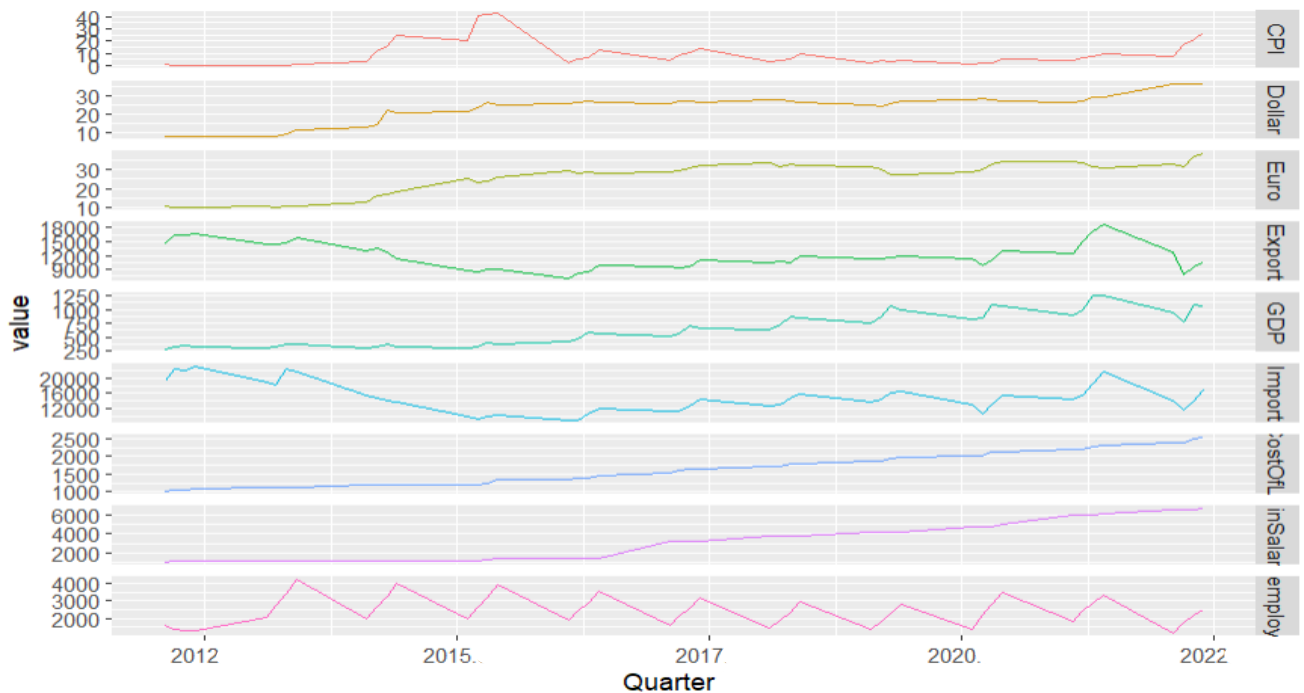


Рисунок 3.10 – Графік виявлення сезонності в динаміці макроекономічних показників України за 2012-2022 роки

*Джерело: розроблено автором*

З рис. 3.10 особливо чітко видно наявність сезонності для показника кількості безробітних, для показників ВВП та імпорту також присутня певна повторюваність патернів поведінки часового ряду з фіксованою частотою

Наступним кроком перевірка значення коефіцієнту Херста для більш глибокого вивчення властивості та характеристики часових рядів. Він може допомогти визначити, чи є у даних тенденції, циклічність чи структура, пов'язана з довготривалою залежністю. Такий аналіз може бути корисним для розуміння динаміки та зв'язків в економічних, фінансових чи інших часових рядах.

A tibble: 9 × 2

| indicators<br><chr> | coef_hurst<br><dbl> |
|---------------------|---------------------|
| CPI                 | 0.9658558           |
| Dollar              | 0.9932195           |
| Euro                | 0.9934222           |
| Export              | 0.9777639           |
| GDP                 | 0.9890093           |
| Import              | 0.9753501           |
| MinCostOfLiving     | 0.9952308           |
| MinSalary           | 0.9945238           |
| Unemployed          | 0.6195661           |

Рисунок 3.11 – Коефіцієнт Херста для макроекономічних показників України

*Джерело: розроблено автором*

Коефіцієнт Херста вказує на довгострокову пам'ять і показує наскільки різко змінюється тренд. Оскільки всі значення (крім кількості безробітних) майже дорівнюють одиниці, можна сказати, що існує певний тренд, всі показники ведуть себе стабільно

Подивимось на зв'язок між двома змінними в один і той самий момент часу, для цього проаналізуємо автокореляцію – показник, який демонструє взаємозв'язок між рівнями часового ряду

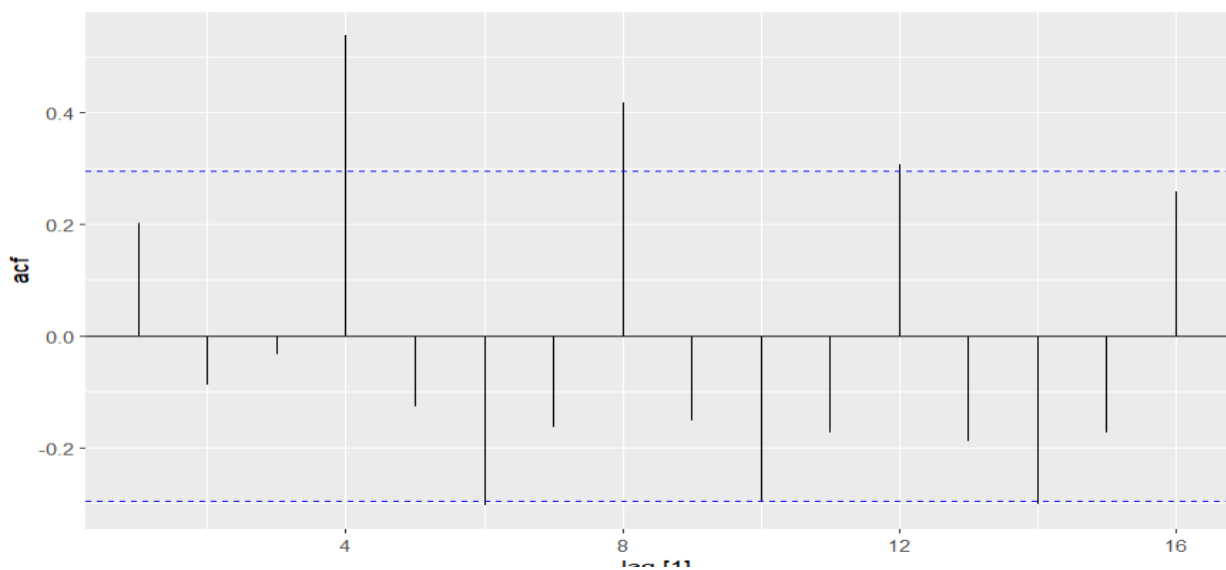


Рисунок 3.12 – Корелограма автокореляції макроекономічних показників України

*Джерело: розроблено автором*

З корелограми автокореляції видно, що присутні спостереження, які виходять за довірчі інтервали, відповідно показують, що попередні значення впливають на наступні, присутня взаємозалежність, що свідчить про пряму залежність між роками, тобто якщо в минулому місяці значення показників високі, то в наступному вони теж будуть такими.

Провівши дослідження, було визначено найвпливовіші з показників. Здійснено це за допомогою функції corr, яка повертає значення коефіцієнта кореляції між двома векторами змінних

|                 | Unemployed   | CPI          | Export       | Import       | Euro        | Dollar      | MinSalary    | MinCostOfLiving | GDP          |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|
| Unemployed      | 1.000000000  | 0.414789826  | 0.006949949  | -0.003556890 | -0.03365469 | 0.03337879  | -0.185865035 | -0.108685768    | -0.001369505 |
| CPI             | 0.414789826  | 1.000000000  | -0.428663495 | -0.453546432 | 0.19485639  | 0.34597309  | -0.048530120 | 0.002745842     | -0.100857514 |
| Export          | 0.006949949  | -0.428663495 | 1.000000000  | 0.910912468  | -0.50330376 | -0.55290157 | -0.005750619 | -0.094759547    | 0.048452850  |
| Import          | -0.003556890 | -0.453546432 | 0.910912468  | 1.000000000  | -0.54600490 | -0.59091572 | -0.050302799 | -0.129603584    | 0.005889317  |
| Euro            | -0.033654689 | 0.194856394  | -0.503303764 | -0.546004897 | 1.000000000 | 0.93860740  | 0.773542979  | 0.825039588     | 0.772523706  |
| Dollar          | 0.033378792  | 0.345973089  | -0.552901572 | -0.590915718 | 0.93860740  | 1.000000000 | 0.756729635  | 0.819083070     | 0.719390229  |
| MinSalary       | -0.185865035 | -0.048530120 | -0.005750619 | -0.050302799 | 0.77354298  | 0.75672963  | 1.000000000  | 0.986086239     | 0.920431521  |
| MinCostOfLiving | -0.108685768 | 0.002745842  | -0.094759547 | -0.129603584 | 0.82503959  | 0.81908307  | 0.986086239  | 1.000000000     | 0.941363592  |
| GDP             | -0.001369505 | -0.100857514 | 0.048452850  | 0.005889317  | 0.77252371  | 0.71939023  | 0.920431521  | 0.941363592     | 1.000000000  |

Рисунок 3.13 – Кореляція макроекономічних показників України

*Джерело: розроблено автором*

### 3.2 Моделювання ВВП України як основного макроекономічного показника

Оскільки ВВП є одним із найголовніших макроекономічних показників, тому що він вимірює загальну вартість вироблених товарів та послуг у країні, що дозволяє оцінити рівень економічної активності, а також є індикатором економічного зростання, допомагаючи визначити розвиток країни, я обрала його за залежну змінну у і вирішила дослідити вплив на нього інших вибраних мною показників. Для цього я побудую множинну регресійну модель. Отже, коефіцієнти виглядають наступним чином:

```

(Intercept) unlist(predictorX[, 1]) unlist(predictorX[, 2]) unlist(predictorX[, 3]) unlist(predictorX[, 4])
-1236.130498788      0.022819038      -2.038197297      0.024873418      0.006993008
unlist(predictorX[, 5]) unlist(predictorX[, 6]) unlist(predictorX[, 7]) unlist(predictorX[, 8])
15.511415495      -3.947282932      -0.120677539      0.939529094

```

Рисунок 3.14 – Коефіцієнти моделі макроекономічних показників України

*Джерело: розроблено автором*

Зробимо summary моделі і проаналізуємо його результати:

Coefficients:

|                         | Estimate     | Std. Error | t value | Pr(> t )   |     |
|-------------------------|--------------|------------|---------|------------|-----|
| (Intercept)             | -1236.130499 | 214.847673 | -5.754  | 0.00000163 | *** |
| unlist(predictorX[, 1]) | 0.022819     | 0.019165   | 1.191   | 0.241811   |     |
| unlist(predictorX[, 2]) | -2.038197    | 1.385394   | -1.471  | 0.150170   |     |
| unlist(predictorX[, 3]) | 0.024873     | 0.010390   | 2.394   | 0.022160   | *   |
| unlist(predictorX[, 4]) | 0.006993     | 0.007502   | 0.932   | 0.357674   |     |
| unlist(predictorX[, 5]) | 15.511415    | 4.140900   | 3.746   | 0.000647   | *** |
| unlist(predictorX[, 6]) | -3.947283    | 5.880061   | -0.671  | 0.506436   |     |
| unlist(predictorX[, 7]) | -0.120678    | 0.047834   | -2.523  | 0.016339   | *   |
| unlist(predictorX[, 8]) | 0.939529     | 0.215496   | 4.360   | 0.000109   | *** |

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 70.66 on 35 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9544, Adjusted R-squared: 0.944

F-statistic: 91.59 on 8 and 35 DF, p-value: < 0.000000000000000022

Рисунок 3.15 – Summary моделі макроекономічних показників України

*Джерело: розроблено автором*

Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) = 0,9544, тобто на 95,44% індекс споживчих цін, експорт та імпорт товарів та послуг, кількість безробітних, курс євро, курс долара, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум впливають на ВВП. Показник  $R^2$  дуже високий, що говорить про те, що модель відповідає реальним значенням.

Рохрауємо коефіцієнт кореляції:  $R = \sqrt{R^2} = 0,9769$  Маємо коефіцієнт кореляції = 0,9769, що означає високу залежність залежної  $Y$  від незалежних  $X$  (97,69%), у той час як інші 2,31% - вплив випадкових факторів.

Розрахункове значення критерію Фішера ( $F$ ) більше за табличне, тобто модель є адекватною.

Скоригований  $R^2$  має високе значення, що каже про те, що всі вісім іксів описують модель на 94%.

У той самий час не всі предиктори являються статистично значущими, можлива наявність мультиколінеарності.

Перевіримо модель на наявність мультиколінеарності, використовуємо для цього функцію `lmcdiag()` для проведення індивідуальної перевірки незалежних змінних на мультиколінеарність.

```
All Individual Multicollinearity Diagnostics Result

      VIF  TOL    Wi  Fi Leamer  CVIF Klein  IND1  IND2
unlist(predictorX[, 1]) 2.0112 0.4972  5.2004  6.2356 0.7051 -0.0493  0 0.0967 0.6099
unlist(predictorX[, 2]) 2.0926 0.4779  5.6188  6.7374 0.6913 -0.0513  0 0.0929 0.6334
unlist(predictorX[, 3]) 7.3101 0.1368 32.4522 38.9126 0.3699 -0.1791  0 0.0266 1.0471
unlist(predictorX[, 4]) 7.6102 0.1314 33.9952 40.7627 0.3625 -0.1865  0 0.0256 1.0537
unlist(predictorX[, 5]) 11.1456 0.0897 52.1772 62.5643 0.2995 -0.2731  0 0.0174 1.1042
unlist(predictorX[, 6]) 20.7124 0.0483 101.3779 121.5596 0.2197 -0.5076  0 0.0094 1.1545
unlist(predictorX[, 7]) 77.9050 0.0128 395.5116 474.2478 0.1133 -1.9092  1 0.0025 1.1975
unlist(predictorX[, 8]) 90.0025 0.0111 457.7272 548.8488 0.1054 -2.2057  1 0.0022 1.1996

1 --> COLLINEARITY is detected by the test
0 --> COLLINEARITY is not detected by the test

unlist(predictorX[, 1]) , unlist(predictorX[, 2]) , unlist(predictorX[, 4]) , unlist(predictorX[, 6]) , coefficient(s) are non-significant may be due to multicollinearity

R-square of y on all x: 0.9544
```

### Рисунок 3.16 – Результати перевірки незалежних змінних на мультиколінеарність

*Джерело: розроблено автором*

Саме ті предиктори, що виявилися не статистично значущими, підтвердились такими самими результатами і тут, бачимо, що мультиколінеарність присутня. Мультиколінеарність в моделі регресії означає наявність високої кореляції між двома або більше незалежними змінними. Це говорить про те, що деякі змінні в моделі майже або повністю можна передбачити або пояснити за допомогою інших змінних. Наявність мультиколінеарності може призводити до статистичної незначущості коефіцієнтів регресії. Коли змінна має високу кореляцію з іншими змінними, важко визначити точний вплив цієї змінної на відгук. Також негативним є те, що це може призводити до неправильності оцінки коефіцієнтів регресії. Змінні, які сильно корелюють, можуть мати широкий довірчий інтервал для їх оцінки, що ускладнює інтерпретацію результатів.

Дослідимо модель на наявність автокореляції, скориставшись для цього тестом Дарбіна-Уотсона.

```
Durbin-Watson test

data: fullModel
DW = 1.2986, p-value = 0.0003794
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Рисунок 3.17 – Результати одностороннього тесту Дарбіна-Уотсона

*Джерело: розроблено автором*

```
Durbin-Watson test

data: fullModel
DW = 1.2986, p-value = 0.0007589
alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

Рисунок 3.18 – Результати двухстороннього тесту Дарбіна-Уотсона

*Джерело: розроблено автором*

DW набуває значень  $[0;4]$ , а коли  $=2$ , то автокореляція відсутня. В моєму випадку значення DW нижче за 2, що свідчить про додатну автокореляцію. За замовчування функція `dwtest()` виконує односторонній тест і відповідає на питання: автокореляція залишків більше нуля? Тому для виконання двохстороннього тесту використовуємо додаткову опцію `alternative two-sided`, де також бачимо результати, які вказують на присутність автокореляції. До того ж  $p\text{-value} < 0,05$ , що підтверджує сказане вище.

```
Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data: fullModel
LM test = 6.5175, df = 1, p-value = 0.01068
```

Рисунок 3.19 – Результати тесту Бройша-Годфрі

*Джерело: розроблено автором*

Тест Бройша-Годфрі дозволяє оцінити автокореляцію будь-якого порядку. Для моделі розраховується LM-статистика. Якщо значення статистики перевищує критичне значення, то автокореляція вважається статистично значущою, в протилежному випадку вона незначуща (як і в даному випадку).

### 3.3 Побудова економетричної моделі на основі покрокової регресії

Оскільки велика кількість факторів, може перевантажувати модель, а також через присутність мультиколінеарності, скористаємося методами для вибору оптимального набору незалежних змінних, які найкраще пояснюють залежну змінну.

Використаємо метод зворотньої покрокової регресії, також відомий як метод зворотнього виключення змінних, який застосовується для відбору найбільш значущих змінних у моделі регресії. Цей метод допоможе відібрати найбільш впливові змінні та зменшити модель до більш простої та інтерпретованої, а також позбавитися мультиколінеарності.

Через те, що метод зворотньої покрокової регресії використовує критерії статистичної значимості (наприклад, р-значення) для відбору змінних, це дозволяє зберегти статистичну значимість моделі та уникнути включення незначущих змінних. Отже, шляхом зворотньої покрокової регресії побудуємо наступну модель.

```
Start: AIC=382.62
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 1]) + unlist(predictorX[, 2]) +
  unlist(predictorX[, 3]) + unlist(predictorX[, 4]) + unlist(predictorX[,
  5]) + unlist(predictorX[, 6]) + unlist(predictorX[, 7]) +
  unlist(predictorX[, 8])
```

|                           | Df | Sum of Sq | RSS    | AIC    |
|---------------------------|----|-----------|--------|--------|
| - unlist(predictorX[, 6]) | 1  | 2250      | 176981 | 381.18 |
| - unlist(predictorX[, 4]) | 1  | 4337      | 179069 | 381.70 |
| - unlist(predictorX[, 1]) | 1  | 7077      | 181809 | 382.37 |
| <none>                    |    |           | 174732 | 382.62 |
| - unlist(predictorX[, 2]) | 1  | 10806     | 185537 | 383.26 |
| - unlist(predictorX[, 3]) | 1  | 28611     | 203343 | 387.29 |
| - unlist(predictorX[, 7]) | 1  | 31775     | 206506 | 387.97 |
| - unlist(predictorX[, 5]) | 1  | 70051     | 244783 | 395.45 |
| - unlist(predictorX[, 8]) | 1  | 94896     | 269627 | 399.71 |

```
Step: AIC=381.18
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 1]) + unlist(predictorX[, 2]) +
  unlist(predictorX[, 3]) + unlist(predictorX[, 4]) + unlist(predictorX[,
  5]) + unlist(predictorX[, 7]) + unlist(predictorX[, 8])
```

|                           | Df | Sum of Sq | RSS    | AIC    |
|---------------------------|----|-----------|--------|--------|
| - unlist(predictorX[, 1]) | 1  | 6489      | 183471 | 380.77 |
| - unlist(predictorX[, 4]) | 1  | 6551      | 183533 | 380.78 |
| <none>                    |    |           | 176981 | 381.18 |
| - unlist(predictorX[, 2]) | 1  | 18992     | 195974 | 383.67 |
| - unlist(predictorX[, 7]) | 1  | 30222     | 207203 | 386.12 |
| - unlist(predictorX[, 3]) | 1  | 32725     | 209707 | 386.65 |
| - unlist(predictorX[, 5]) | 1  | 75507     | 252489 | 394.82 |
| - unlist(predictorX[, 8]) | 1  | 96876     | 273857 | 398.39 |

```
Step: AIC=380.77
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 2]) + unlist(predictorX[, 3]) +
  unlist(predictorX[, 4]) + unlist(predictorX[, 5]) + unlist(predictorX[,
  7]) + unlist(predictorX[, 8])
```

|                           | Df | Sum of Sq | RSS    | AIC    |
|---------------------------|----|-----------|--------|--------|
| - unlist(predictorX[, 4]) | 1  | 7799      | 191269 | 380.60 |
| <none>                    |    |           | 183471 | 380.77 |
| - unlist(predictorX[, 2]) | 1  | 12700     | 196171 | 381.71 |
| - unlist(predictorX[, 3]) | 1  | 44730     | 228201 | 388.37 |
| - unlist(predictorX[, 7]) | 1  | 72722     | 256193 | 393.46 |
| - unlist(predictorX[, 5]) | 1  | 86331     | 269802 | 395.74 |
| - unlist(predictorX[, 8]) | 1  | 166629    | 350099 | 407.20 |

```
Step: AIC=380.6
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 2]) + unlist(predictorX[, 3]) +
  unlist(predictorX[, 5]) + unlist(predictorX[, 7]) + unlist(predictorX[,
  8])
```

|                           | Df | Sum of Sq | RSS    | AIC    |
|---------------------------|----|-----------|--------|--------|
| <none>                    |    |           | 191269 | 380.60 |
| - unlist(predictorX[, 2]) | 1  | 17204     | 208473 | 382.39 |
| - unlist(predictorX[, 7]) | 1  | 76746     | 268016 | 393.44 |
| - unlist(predictorX[, 5]) | 1  | 78849     | 270118 | 393.79 |
| - unlist(predictorX[, 3]) | 1  | 177585    | 368855 | 407.49 |
| - unlist(predictorX[, 8]) | 1  | 182930    | 374200 | 408.13 |

```
Call:
lm(formula = unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 2]) + unlist(predictorX[,
  3]) + unlist(predictorX[, 5]) + unlist(predictorX[, 7]) +
  unlist(predictorX[, 8]))
```

Рисунок 3.20 – Результати моделі, побудованої шляхом зворотної покрокової регресії

Джерело: розроблено автором

Бачимо, що модель вибрана за "Akaike Information Criterion" або "AIC", тобто інформаційному критерію Айкаєна і при застосуванні цього критерію кращою вважається та модель, яка в достатній мірі повно описує дані з найменшою кількістю параметрів. Серед альтернатив обирається модель з меншим AIC. І в нашому випадку це модель з такими предикторами: 2, 3, 5, 7, 8 (індекс споживчих цін, експорт товарів та послуг, курс євро, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум)

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1343.971725  189.021053  -7.110 0.0000000175 ***
unlist(predictorX[, 2]) -1.980927  1.071487  -1.849  0.072284 .
unlist(predictorX[, 3])  0.038599  0.006498   5.940 0.0000006885 ***
unlist(predictorX[, 5]) 13.337761  3.369897   3.958  0.000320 ***
unlist(predictorX[, 7]) -0.151702  0.038850  -3.905  0.000374 ***
unlist(predictorX[, 8])  1.039699  0.172463   6.029 0.0000005202 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 70.95 on 38 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9501,    Adjusted R-squared:  0.9435
F-statistic: 144.7 on 5 and 38 DF,  p-value: < 0.00000000000000022

```

Рисунок 3.21 – Summary моделі, побудованої шляхом зворотної покрокової регресії

*Джерело: розроблено автором*

F статистика дорівнює 144 і її значимість за p-value 0,00000000000000022,  $R^2$  також має високі значення, що є дуже гарним показником.

Найменш значимим є значення індексу споживчих цін, хоча і за його присутності модель адекватна.

Перевіримо, що покажуть результати шляхом прямої покрокової регресії.

```

Start: AIC=502.5
unlist(Y) ~ 1

      Df Sum of Sq    RSS    AIC
+ unlist(predictorX[, 8]) 1  3396504  436306 408.88
+ unlist(predictorX[, 7]) 1  3247135  585676 421.84
+ unlist(predictorX[, 5]) 1  2287394 1545417 464.53
+ unlist(predictorX[, 6]) 1  1983565 1849246 472.43
<none>                                3832811 502.50
+ unlist(predictorX[, 2]) 1    38988 3793823 504.05
+ unlist(predictorX[, 3]) 1    8998 3823813 504.39
+ unlist(predictorX[, 4]) 1     133 3832678 504.49
+ unlist(predictorX[, 1]) 1      7 3832804 504.50

Step: AIC=408.88
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 8])

      Df Sum of Sq    RSS    AIC
+ unlist(predictorX[, 3]) 1    73287 363020 402.79
+ unlist(predictorX[, 4]) 1    63763 372543 403.93
+ unlist(predictorX[, 2]) 1   41013 395294 406.54
+ unlist(predictorX[, 1]) 1   39521 396785 406.71
+ unlist(predictorX[, 6]) 1   31087 405220 407.63
<none>                                436306 408.88
+ unlist(predictorX[, 7]) 1    8513 427794 410.02
+ unlist(predictorX[, 5]) 1     206 436101 410.86

Step: AIC=402.79
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 8]) + unlist(predictorX[, 3])

      Df Sum of Sq    RSS    AIC
+ unlist(predictorX[, 5]) 1   84396 278624 393.15
+ unlist(predictorX[, 7]) 1   77253 285767 394.26
+ unlist(predictorX[, 1]) 1   39887 323133 399.67
<none>                                363020 402.79
+ unlist(predictorX[, 2]) 1    9080 353939 403.68
+ unlist(predictorX[, 6]) 1    7806 355213 403.84
+ unlist(predictorX[, 4]) 1     215 362805 404.77

Step: AIC=393.15
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 8]) + unlist(predictorX[, 3]) +
  unlist(predictorX[, 5])

      Df Sum of Sq    RSS    AIC
+ unlist(predictorX[, 7]) 1   70150 208473 382.39
+ unlist(predictorX[, 1]) 1   25080 253543 391.00
+ unlist(predictorX[, 4]) 1   15684 262939 392.60
<none>                                278624 393.15
+ unlist(predictorX[, 2]) 1   10608 268016 393.44
+ unlist(predictorX[, 6]) 1    4358 274266 394.46

Step: AIC=382.39
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 8]) + unlist(predictorX[, 3]) +
  unlist(predictorX[, 5]) + unlist(predictorX[, 7])

      Df Sum of Sq    RSS    AIC
+ unlist(predictorX[, 2]) 1   17204 191269 380.60
+ unlist(predictorX[, 6]) 1   14960 193513 381.11
+ unlist(predictorX[, 4]) 1   12303 196171 381.71
<none>                                208473 382.39
+ unlist(predictorX[, 1]) 1    152 208321 384.36

Step: AIC=380.6
unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 8]) + unlist(predictorX[, 3]) +
  unlist(predictorX[, 5]) + unlist(predictorX[, 7]) + unlist(predictorX[,
  2])

      Df Sum of Sq    RSS    AIC
<none>                                191269 380.60
+ unlist(predictorX[, 4]) 1   7798.8 183471 380.77
+ unlist(predictorX[, 1]) 1   7736.8 183533 380.78
+ unlist(predictorX[, 6]) 1   3819.2 187450 381.71

Call:
lm(formula = unlist(Y) ~ unlist(predictorX[, 8]) + unlist(predictorX[,
3]) + unlist(predictorX[, 5]) + unlist(predictorX[, 7]) +
  unlist(predictorX[, 2]))

```

Рисунок 3.22 – Результати моделі, побудованої шляхом прямої покрокової регресії

Джерело: розроблено автором

Бачимо, що одержана модель абсолютно співпадає з тим, що отримано шляхом зворотної покрокової регресії і в результаті залишились ті ж самі 2, 3, 5, 7, 8 предиктори (індекс споживчих цін, експорт товарів та послуг, курс євро, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум)

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1343.971725  189.021053  -7.110 0.0000000175 ***
unlist(predictorX[, 8])  1.039699  0.172463   6.029 0.0000005202 ***
unlist(predictorX[, 3])  0.038599  0.006498   5.940 0.0000006885 ***
unlist(predictorX[, 5]) 13.337761  3.369897   3.958  0.000320 ***
unlist(predictorX[, 7]) -0.151702  0.038850  -3.905  0.000374 ***
unlist(predictorX[, 2]) -1.980927  1.071487  -1.849  0.072284 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 70.95 on 38 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9501,    Adjusted R-squared:  0.9435
F-statistic: 144.7 on 5 and 38 DF,  p-value: < 0.00000000000000022

```

Рисунок 3.23 – Summary моделі, побудованої шляхом прямої покрокової регресії

*Джерело: розроблено автором*

F-статистика також дорівнює 144 і її значимість за p-value 0,00000000000000022,  $R^2$  так само має високі значення, робимо висновок, що модель адекватна. Високе значення F-статистики в регресійній моделі можна інтерпретувати наступним чином: регресійна модель є статистично значущою. Це означає, що є достатньо доказів на підтримку ідеї, що залежна змінна пояснюється лінійною комбінацією незалежних змінних в моделі. Також високе значення F-статистики може вказувати на загальну важливість моделі для пояснення змінності залежної змінної та означає, що залежна змінна значно змінюється залежно від незалежних змінних у моделі. Таке значення F-статистики само по собі не надає конкретних числових оцінок чи інтерпретацій, але воно вказує на статистичну значущість моделі та її здатність пояснити залежну змінну. Однак, важливо також

враховувати інші показники, такі як R-квадрат, р-значення коефіцієнтів та інші, для повної оцінки моделі регресії.

В будь-якому випадку, співпадіння результатів зворотної покрокової регресії з результатами прямої покрокової регресії вказує на стабільність та надійність вибору змінних у моделі регресії.

| Model Summary                |                         |                   |             |                  |         |           |          |
|------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------|------------------|---------|-----------|----------|
| R                            | 0.977                   | RMSE              | 70.656      |                  |         |           |          |
| R-Squared                    | 0.954                   | Coef. Var         | 10.796      |                  |         |           |          |
| Adj. R-Squared               | 0.944                   | MSE               | 4992.334    |                  |         |           |          |
| Pred R-Squared               | 0.927                   | MAE               | 49.569      |                  |         |           |          |
| RMSE: Root Mean Square Error |                         |                   |             |                  |         |           |          |
| MSE: Mean Square Error       |                         |                   |             |                  |         |           |          |
| MAE: Mean Absolute Error     |                         |                   |             |                  |         |           |          |
| ANOVA                        |                         |                   |             |                  |         |           |          |
|                              | Sum of Squares          | DF                | Mean Square | F                | Sig.    |           |          |
| Regression                   | 3658079.090             | 8                 | 457259.886  | 91.592           | 0.0000  |           |          |
| Residual                     | 174731.693              | 35                | 4992.334    |                  |         |           |          |
| Total                        | 3832810.783             | 43                |             |                  |         |           |          |
| Parameter Estimates          |                         |                   |             |                  |         |           |          |
| model                        | Beta                    | Std. Error        | Std. Beta   | t                | Sig.    | Lower     | Upper    |
| (Intercept)                  | -1236.130               | 214.848           |             | -5.754           | 0.000   | -1672.294 | -799.967 |
| unlist(predictorX[, 1])      | 0.023                   | 0.019             | 0.061       | 1.191            | 0.242   | -0.016    | 0.062    |
| unlist(predictorX[, 2])      | -2.038                  | 1.385             | -0.077      | -1.471           | 0.150   | -4.851    | 0.774    |
| unlist(predictorX[, 3])      | 0.025                   | 0.010             | 0.234       | 2.394            | 0.022   | 0.004     | 0.046    |
| unlist(predictorX[, 4])      | 0.007                   | 0.008             | 0.093       | 0.932            | 0.358   | -0.008    | 0.022    |
| unlist(predictorX[, 5])      | 15.511                  | 4.141             | 0.451       | 3.746            | 0.001   | 7.105     | 23.918   |
| unlist(predictorX[, 6])      | -3.947                  | 5.880             | -0.110      | -0.671           | 0.506   | -15.884   | 7.990    |
| unlist(predictorX[, 7])      | -0.121                  | 0.048             | -0.804      | -2.523           | 0.016   | -0.218    | -0.024   |
| unlist(predictorX[, 8])      | 0.940                   | 0.215             | 1.493       | 4.360            | 0.000   | 0.502     | 1.377    |
| Stepwise Selection Summary   |                         |                   |             |                  |         |           |          |
| Step                         | Variable                | Added/<br>Removed | R-Square    | Adj.<br>R-Square | C(p)    | AIC       | RMSE     |
| 1                            | unlist(predictorX[, 8]) | addition          | 0.886       | 0.883            | 47.3950 | 535.7507  | 101.9228 |
| 2                            | unlist(predictorX[, 3]) | addition          | 0.905       | 0.901            | 34.7150 | 529.6596  | 94.0964  |
| 3                            | unlist(predictorX[, 5]) | addition          | 0.927       | 0.922            | 19.8100 | 520.0174  | 83.4601  |
| 4                            | unlist(predictorX[, 7]) | addition          | 0.946       | 0.940            | 7.7590  | 509.2552  | 73.1127  |
| 5                            | unlist(predictorX[, 2]) | addition          | 0.950       | 0.944            | 6.3130  | 507.4655  | 70.9465  |

Рисунок 3.24 – Summary фінальної моделі

Джерело: розроблено автором

Загальний аналіз показує, що коефіцієнт Фішера достатньо високий, що вказує на статистичну значущість незалежних змінних в моделі. Це означає, що є достатньо доказів на підтримку ідеї, що кожна з незалежних змінних вносить значний внесок у пояснення залежної змінної.  $R^2$  дуже близький до 100, що каже, про адекватність моделі та статистичну значущість кожного з предикторів.

Значення t-статистики для параметра є статистично значущим (тобто перевищує критичне значення t або має маленьке p-значення), можна вважати, що цей параметр має значний вплив на залежну змінну. Це означає, що зміна значення цього параметра пов'язана із зміною залежної змінної.

Знак оціненого параметра також має значення при інтерпретації. Якщо параметр позитивний, це означає, що при збільшенні незалежної змінної, залежна змінна також збільшується. Якщо параметр негативний, збільшення значення незалежної змінної пов'язане зі зменшенням значення залежної змінної.

Крім значення t-статистики, видно також довірчі інтервали для оцінених параметрів. Довірчий інтервал надає діапазон значень, у якому певною мірою знаходиться справжнє значення параметра. Якщо довірчий інтервал не містить нуль, це підтверджує статистичну значимість параметра.

## ВИСНОВКИ

Аналіз макроекономічних показників, зокрема ВВП, безробіття, індексу споживчих цін, імпорту та експорту товарів та послуг та інших, є важливим інструментом для розуміння економічного стану країни. Він надає уявлення про рівень економічного зростання, зайнятість, інфляцію, фінансовий стан та зовнішньоекономічні відносини. Ці показники допомагають ухвалювати рішення на різних рівнях, від уряду до бізнесу та громадян.

Важливим також є виявлення проблемних сфер та розробка стратегії для покращення економічного стану країни на основі аналізу макроекономічних показників, який надає можливість порівнювати економічні показники з іншими країнами. Це допомагає оцінити конкурентоспроможність та визначити пріоритети в розвитку.

У підсумку, аналіз макроекономічних показників дозволяє отримати комплексне уявлення про стан економіки країни та допомагає в прийнятті раціональних рішень, спрямованих на покращення економічного розвитку та підвищення життєвого рівня громадян.

Змодельована на базі основних макроекономічних показників модель є точною та ефективною, а також має сильну залежність між залежною змінною (ВВП) та незалежними змінними (індекс споживчих цін, експорт та імпорт товарів та послуг, кількість безробітних, курс євро, курс долара, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум).

Виявивши тенденції зміни макроекономічних показників протягом досліджуваного періоду, вдалось оцінити, що курс обох валют - долара і євро - по 2021 рік включно мав схожу поведінку, що проявлялася у постійному невеликому зростанні по відношенню до національної валюти, а у 2022 році курс долара і євро дуже різко підвищився. Показники експорту та імпорту з моменту початку війни різко впали майже до рівня 2016 року, в якому вони були найнижчими за весь досліджувальний період. Щодо такого фактору, як кількість безробітних, то на перший квартал кожного року він нижчий за інші три квартали, проте різкого підвищення кількості безробітних з моменту повномасштабного вторгнення

порівняно з іншими роками не відбулось. Індекс споживчих цін мав пікові значення у 2014-2015 роках, далі істотно знизився, проте саме у 2022 році значення різко зросли. ВВП збільшувався протягом 2012-2021 років, а у першому кварталі 2022 бачимо суттєве зниження до рівня, який був у 2018-2019 роках, хоча протягом останніх трьох кварталів значення підвищувались. Значення мінімальної заробітної плати та прожиткового мінімуму постійно зростали протягом досліджуваного періоду.

Проаналізувавши зв'язок між двома змінними в один і той самий момент часу, можемо зробити висновок, що попередні значення впливають на наступні, присутня взаємозалежність, що свідчить про пряму залежність між роками, тобто якщо в минулому періоді значення показників високі, то в наступному вони теж будуть такими.

Через велику кількість факторів, які могли перевантажувати модель, а також через присутність мультиколінеарності, було застосовано методи для вибору оптимального набору незалежних змінних, які найкраще пояснюють залежну змінну. Таким чином, модель, побудована шляхом прямої покрокової регресії та зворотної покрокової регресії, показує, що такі предиктори як індекс споживчих цін, експорт товарів та послуг, курс євро, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум найбільше впливають на незалежну змінну та є статистично значущими. Оскільки модель досить повно описує дані з найменшою кількістю параметрів, коефіцієнт детермінації підтверджує це значенням 0,9501, яке говорить про те, що сукупність таких показників як індекс споживчих цін, експорт товарів та послуг, курс євро, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум на 95,01% впливають на ВВП, а решта 5% - це вплив інших факторів, не передбачених в моделі. F статистика дорівнює 144 і її значимість за p-value менша за 0,05, що говорить про адекватно побудовану модель.

Базуючись на проведеному дослідженні, можна стверджувати, що визначені найбільш впливові фактори впливу на ВВП, а саме індекс споживчих цін, експорт

товарів та послуг, курс євро, мінімальна заробітня плата та прожитковий мінімум. Вплив кожного з них можна інтерпретувати наступним чином.

Індекс споживчих цін відображає зміни у рівні цін на товари та послуги, тобто якщо він зростає, це може призвести до зниження споживчої покупної сили, оскільки люди змушені витратити більше коштів на ті ж самі товари, що, в свою чергу, призводить до зменшення витрат споживачів і, внаслідок цього, попит буде меншим за пропозицію, що, відповідно, позначиться на обсягах виробництва у бік його скорочення, а отже і зниження ВВП.

Експорт є важливим джерелом доходу для багатьох країн. Збільшення обсягу експорту товарів та послуг сприяє зростанню доходу країни, стимулює виробництво та зайнятість. Внаслідок цього, ВВП збільшується. Курс валюти може впливати на експорт та імпорт товарів. Якщо курс євро падає, це може зробити експортний товар більш конкурентоспроможним на світовому ринку, що сприяє збільшенню обсягів експорту. Збільшення експорту позитивно впливає на ВВП.

Вплив імпорту на ВВП може бути розглянутий з двох різних перспектив: вплив на величину ВВП і вплив на його структуру. Імпорт впливає на величину ВВП через два основних канали: вплив на обсяг виробництва і на споживання. Імпорт може поставляти країні необхідні товари та послуги, які не виробляються на внутрішньому ринку або виробляються менш ефективно. Це дозволяє підприємствам використовувати імпортні компоненти для виробництва своїх товарів або послуг, що сприяє зростанню обсягів виробництва та ВВП. Також імпорт забезпечує доступ до більш широкого асортименту товарів та послуг для споживачів. Це може підвищити рівень життя населення та зростання споживчого попиту, що в свою чергу сприяє зростанню ВВП. Окрім того, імпорт впливає на структуру ВВП шляхом впливу на галузеву структуру економіки. Країна може імпортувати товари та послуги з певних галузей, тим самим змінюючи співвідношення між галузями у складі ВВП.

Зростання мінімальної заробітної плати і прожиткового мінімуму може підвищити доходи населення нижчих соціальних шарів. Це може сприяти збільшенню споживчого попиту на товари та послуги, що в свою чергу стимулює виробництво і підвищує ВВП.

Враховуючи все вищесказане, можемо зробити висновок, що індекс споживчих цін, експорт товарів та послуг, курс євро, мінімальна заробітна плата та прожитковий мінімум впливають на ВВП через їх взаємозв'язок зі споживчим попитом, виробництвом та зовнішньою торгівлею. Зміни в цих показниках можуть сприяти зростанню або зменшенню ВВП залежно від конкретних обставин і економічного контексту.

Таким чином, побудована у роботі економетрична модель є точною, якісною та ефективною з точки зору використання її для оцінювання загального стану економіки країни, зміни ВВП, а також для визначення основних пріоритетів та потреб, які виникають внаслідок впливу різних внутрішніх та зовнішніх факторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Voronin O. The effect of armed conflict in Donbas on the performance of ukrainian firms. Kyiv School of Economics. 2019. С. 36.
2. Іванов С.В. Вплив збройного конфлікту (війни, бойових дій) на вартість підприємства / Дн-вськ: Вид-во Маковецький, 2015. 175 с.
3. Сохацький О. Ю. Макроекономічні ефекти військових витрат у відкритих економіках. Тернопіль, 2020. 267 с.
4. Becker, T., Gorodnichenko, Y., Eichengreen B. Macroeconomic policies for wartime Ukraine. The Centre for Economic Policy Research (CEPR). 2022. С. 39.
5. Тарасевич В. М. Економічна теорія. Макроекономіка. Київ, 2012. 206 с.
6. Малий, І.Й., Радіонова, І.Ф., Куценко, Т.Ф., Федірко Н.В. Макроекономіка: базовий курс : навч. посіб. К.: КНЕУ, 2016. 246 с.
7. Кривцов, О. С. Бережний, В. М. Онегіна В. М.. Макроекономіка у запитаннях та відповідях: навч. посіб. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 200 с.
8. Пухтаєвич Г. О. Аналіз національної економіки: навч.- метод. посіб. для самост. вивч. дисципліни. Київ: КНЕУ, 2003. 147 с. 27.
9. Лагутін, В. Д. Уманців, Ю. М. Щербакова Т. А. Економічна теорія: підруч.; Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 608 с.
10. Mankiw. G. N. Macroeconomics. New York, 2010. 641 с.
11. Брояка А. А. Аналіз основних макроекономічних індикаторів соціально-економічного розвитку України. Вінниця, 2018.
12. Киреев С. І. Валовий внутрішній продукт. У І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк / за ред. Я. С. Яцків, Енциклопедія Сучасної України. Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. 2005.
13. Каленська В. П. Аналіз основних макроекономічних показників України під час війни 2022. Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. 2023. №36. С. 7.

14. Чупілко Т. А. Моделювання ВВП та факторів, що впливають на його зміну. Університет митної справи та фінансів. Дніпро, 2017.
15. Валовий внутрішній продукт. Національний дохід. Національне багатство. 2019. URL: [https://pidruchniki.com/1979081962914/politekonomiya/valoviy\\_vnutrishniy\\_produkt\\_natsionalniy\\_dohid\\_natsionalne\\_bagatstvo](https://pidruchniki.com/1979081962914/politekonomiya/valoviy_vnutrishniy_produkt_natsionalniy_dohid_natsionalne_bagatstvo) (дата звернення: 18.05.2023)
16. Брояка А. А. Макроекономічні показники як індикатори соціально-економічного розвитку країни. Сучасний стан та перспективи розвитку економіки, обліку, фінансів та управління в Україні та світі. Полтава: ЦФЕНД, 2017. С. 34–36.
17. Кібік О.М., Хаймінова Ю.В., Котлубай В.О., Редіна Є.В. Основи економічної теорії. Економіка та врядування: навч. посібн. Одеса: Фенікс, 2019. 216 с.
18. М. С. Бріль, О. М. Кліменко, М. А. Машенко Макроекономічний аналіз: навчальний посібник. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2017. 275 с.
19. Радіонова І. Ф, Усик В. І. Макроекономічний аналіз: конспект лекцій. Київ: КНЕУ, 2015. 147 с.
20. Wooldridge M. J. Introductory Econometrics: A Modern Approach. 2012. 910 с.
21. William H. Greene Econometric Analysis. New York, 2002. 827 с.
22. Stock, J. H., and M. W. Watson Introduction to Econometrics, Third Update, Global Edition. Pearson Education Limited. 2015. 105 с.
23. Carlo Favero Applied Macroeconometrics. 1999. 292 с.
24. Norman Draper, Harry Smith. Applied Regression Analysis. 2016. 912 с.
25. Christopher P. Adams. Learning Microeconometrics with R. New York, 2020. 398 с.
26. Farrar, D. E. and Glauber, R. R. Multicollinearity in Regression Analysis; The Problem Revisited. Massachusetts, 1964. 60 с.
27. Davidson, R. Econometric Theory and Methods. New York: Department of Economics McGill University, 2021. 766 с.

28. Імпорт та експорт товарів та послуг України - офіційний сайт Незалежної асоціації банків України. URL: <https://nabu.ua/ua/eksport-import-tovaryiv.html> (дата звернення: 10.05.2023)

29. ВВП України - офіційний сайт Міністерства фінансів України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/> (дата звернення: 10.05.2023)

30. Індекси споживчих цін, дані про кількість безробітних України - офіційний сайт Національного банку України. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/macro-indicators> (дата звернення: 10.05.2023)