

2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Системного аналізу та управління

(повна назва)

к.т.н., доц. Желдак Т.А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20 ____ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студентці Кочерзі В. С. академічної групи 124-19-1спеціальності: 124 Системний аналізна тему «Аналіз та прогнозування економічних показників України під час війни»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»

від 16.05.2023 р. №350-с

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	<i>Розглянути поняття «прогнозування» та методи, що будуть використовуватися у кваліфікаційній роботі. Зазначити показники для оцінки точності отриманих прогнозів.</i>	01.02.2023 – 03.04.2023
2. Спеціальний розділ	<i>Ознайомитися з показниками, що досліджуються у роботі; провести їх аналіз та розрахувати прогноз на наступний місяць за допомогою різних методів. Визначити, який метод надає найбільшу точність.</i>	05.04.2023 – 01.06.2023

Завдання видано _____

(підпис)

доц. Хом'як Т.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі: 30.01.2023 р.Дата подання до екзаменаційної комісії: 09.06.2023 р.

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Кочерга В. С.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 86 с., 41 рис., 30 табл., 4 додатки, 24 джерела.

Об'єктом дослідження виступають часові ряди трьох економічних показників України: величин золотовалютних резервів та зовнішнього боргу, рівня інфляції.

Предметом дослідження є методи прогнозування та перевірки адекватності часових рядів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розрахунок прогнозу на наступний період, на основі отриманих часових рядів з їх попереднім аналізом.

Методи дослідження: метод поворотних точок – для перевірки адекватності часових рядів, методи ковзного середнього, експоненціального та адаптивного згладжувань, ARIMA-модель – для розрахунку прогнозів.

В *інформаційно-аналітичному розділі* визначені поняття «прогнозування» та «часовий ряд». Наведено характеристику часових рядів, та методу для перевірки їх адекватності. Розглянуто методи прогнозування та параметри, що оцінюють точність їх результатів.

У *спеціальному розділі* проведено попередній аналіз часових рядів трьох економічних показників України за допомогою методу поворотних точок. Продемонстровано практичне використання описаних методів прогнозування, та визначено прогноз із найбільшою точністю за порівнянням спеціальних похибок.

Практична цінність отриманих результатів полягає в оцінці можливих наслідків через зміну показників, а написаний програмний код скоротить час на розрахунок прогнозу за ARIMA-моделлю.

Ключові слова: ПРОГНОЗУВАННЯ, ЧАСОВИЙ РЯД, АДЕКВАТНІСТЬ ЧАСОВОГО РЯДУ, ЗГЛАДЖУВАННЯ, ARIMA-МОДЕЛЬ, ТОЧНІСТЬ ПРОГНОЗУ.

ABSTRACT

Explanatory note: 86 pages, 41 figures, 30 tables, 4 appendices, 24 sources.

The object of the study is the time series of three economic indicators of Ukraine: foreign exchange reserves, external debt, and inflation rate.

The subject of the study is the methods of forecasting and checking the adequacy of time series.

The purpose of this qualification work is to calculate a forecast for the next period based on the gotten time series with their previous analysis.

Research methods: the turning point method to check the adequacy of time series, moving average, exponential and adaptive smoothing methods, ARIMA model to calculate forecasts.

The information-analytical section defines the concepts of «forecasting» and «time series». There are given the characteristic of time series and the method for checking their adequacy. The forecasting methods and parameters that assess the accuracy of their results are considered.

In a special section, a previous analysis of the time series of three economic indicators of Ukraine is carried out using the method of turning points. The practical application of the described forecasting methods is demonstrated, and the forecast with the highest accuracy is determined by comparing the special errors.

The practical value of the results is to assess the possible consequences due to a change in indicators, and the written program code will reduce the time to calculate the forecast using the ARIMA model.

Keywords: FORECASTING, TIME SERIES, TIME SERIES ADEQUACY, SMOOTHING, ARIMA MODEL, FORECAST ACCURACY.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ	9
1.1 Моделі та методи прогнозування	9
1.1.1 Часовий ряд	9
1.1.2 Метод ковзного середнього	16
1.1.3 Метод експоненціального згладжування	17
1.1.4 Метод адаптивного згладжування	17
1.1.5 ARIMA-модель.....	19
1.2 Методи оцінювання точності прогнозу	23
1.3 Висновок до Розділу 1	24
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНИЙ	26
2.1 Економічні показники України, що досліджуються у роботі	26
2.1.1 Золотовалютні резерви	26
2.1.2 Рівень інфляції.....	28
2.1.3 Зовнішній борг	30
2.2 Аналіз часових рядів показників	32
2.3 Прогнозування за допомогою методів згладжування	42
2.3.1 Реалізація методу ковзного середнього.....	42
2.3.2 Реалізація методу експоненціального згладжування	50
2.3.3 Реалізація методу адаптивного згладжування.....	57
2.4 Прогнозування на основі ARIMA-моделі у середовищі Python	65
2.5 Аналіз та оцінка результатів	76
2.6 Висновок до Розділу 2	79
ВИСНОВОК.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	86
ДОДАТОК Б. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	87

ДОДАТОК В. Теза конференції «Тиждень студентської науки»	88
ДОДАТОК Г. Програмний код для побудови ARIMA-моделі	92

ВСТУП

Наприкінці лютого 2022 року почалося повномасштабне вторгнення Росії на територію України, що дуже сильно вплинуло на економіку держави, тому актуальною стала тема оцінки та передбачення економічних й соціальних наслідків. Оскільки, багато економічних показників залежать від загальної ситуації у країні, її нестабільність може привести до небажаних змін. Наприклад, спад виробництва та загальне підвищення рівня цін провокують зріст індексу інфляції; постійні грошові запозичення від іноземних кредиторів сприяють збільшенню зовнішнього боргу, а неефективне управління золотовалютними резервами приводить до фінансових втрат та нездатністю країни адаптувати функціонування економіки під час кризи, війни тощо.

Процедура прогнозування поведінки економічного процесу, окрім отримання варіанту його розвитку, також дає змогу, по-перше, проаналізувати тенденцію зміни процесу, а по-друге, оцінити можливі наслідки напрямку розвитку. Сучасне прогнозування базується на аналізі часового ряду, тобто хронологічно розташованих значень якогось показника. Під час аналізу ряду проводяться процедури перевірки адекватності даних та виявлення систематичних складових. Сам процес прогнозування полягає у використанні методу, результатом якого є прогнозне значення на наступний період.

До класу основних методів прогнозування входять методи згладжування, авторегресії та їх модифікації. Серед методів згладжування найбільш надійним вважається адаптивне згладжування, оскільки на кожному наступному кроці розрахунків відбувається коригування параметрів моделі, в залежності від нових даних, а ARIMA-модель є розповсюдженою серед модифікованих моделей авторегресії.

Для оцінки точності прогнозу, розраховуються спеціальні похибки, що відображають невідповідність між фактичними та розрахунковими значеннями часового ряду. Вважається, чим менше похибка, тим точніший прогноз.

Дана робота присвячена аналізу та прогнозуванню рівня інфляції, величин зовнішнього боргу та золотовалютних резервів України, що знаходиться у стані війни. Проаналізовано динаміку зміни кожного із показників з грудня 2020 по квітень 2023 рр., та розраховано прогноз на травень 2023 року за допомогою методів ковзного середнього, експоненціального та адаптивного згладжувань, та ARIMA-моделі.

Окрім цього, результати роботи були використані у тезі під час 78-ої студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки», що проходила з 24-го по 28-е квітня 2023 р. Ознайомитися з тезою конференції можна у Додатку В, а у [19] надано повну збірку.

РОЗДІЛ 1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ

1.1 Моделі та методи прогнозування

Прогнозування – це спосіб наукового передбачення майбутнього стану досліджуваного об’єкта, що базується на основі використання накопиченого досвіду у минулому, та поточних припущень щодо майбутнього. Побудова прогнозу відбувається за допомогою методів прогнозування, що поділяються на: інтуїтивні та формалізовані. До інтуїтивної групи входять методи експертних оцінок, та кількісні методи оцінки й обробки результатів, тому експерт зобов’язаний мати глибокі теоретичні та практичні навички збору інформації про об’єкт прогнозування. Формалізовані методи засновані на використанні моделей, що описують об’єкт прогнозування за допомогою математичних методів моделювання та екстраполяції [2, 10].

Процес прогнозування зводиться до послідовного виконання наступних етапів: аналіз даних; побудова моделей; перевірка адекватності моделей; вибір найкращої моделі; розрахунок прогнозу [1].

1.1.1 Часовий ряд

Часовий ряд заведено вважати основним типом даних, який використовується в економіці та бізнесі. Такий ряд складається з інформації щодо особливостей та закономірностей перебігу деякого процесу. Для прогнозування, тобто для оцінки характеристик процесу, використовуються ті самі закономірності, що отримують у результаті проведення статистичного аналізу. За виглядом часовий ряд є звичайною числовою послідовністю, кожні елементи якої характеризують значення показника у певний момент часу. На рисунках 1.1 та 1.2 наведено приклад часових рядів [1].

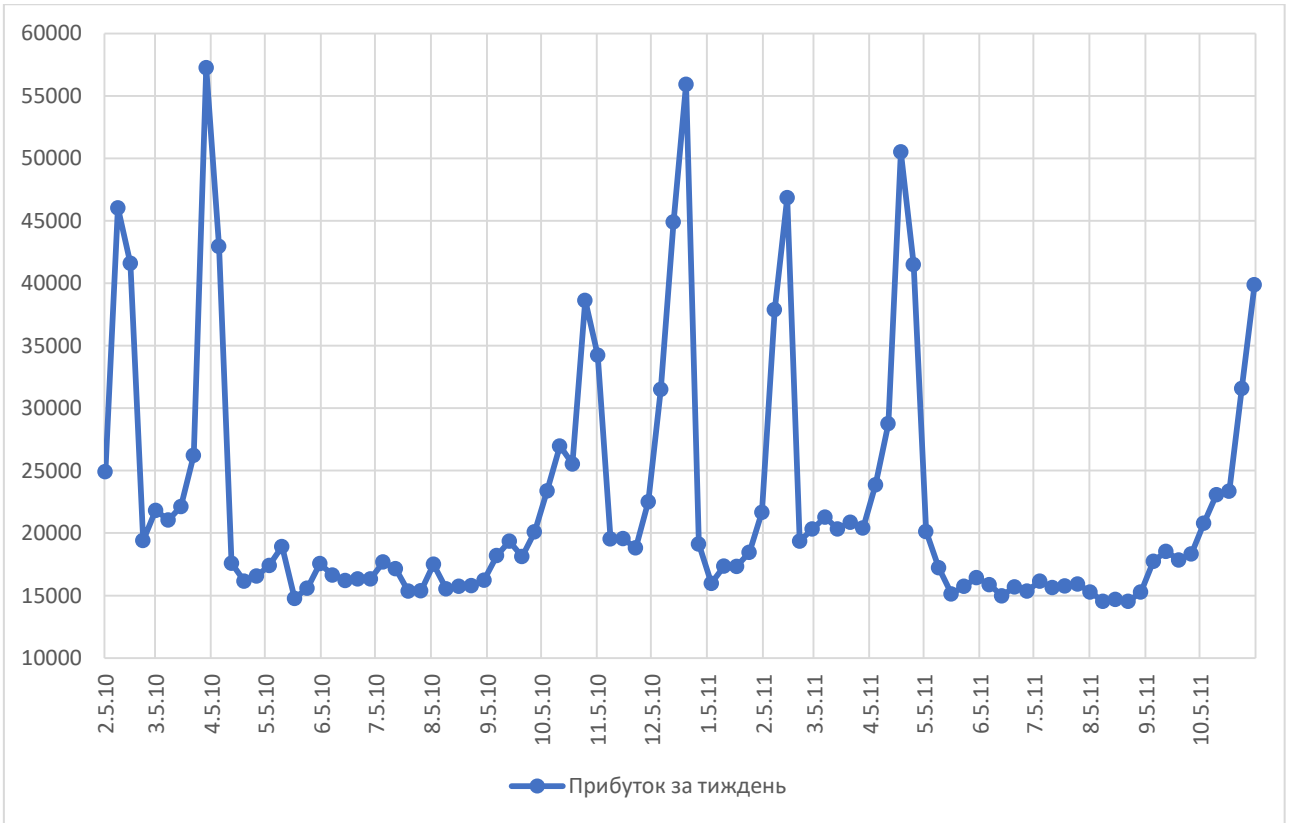


Рис. 1.1 Часовий ряд розміру прибутку магазину Walmart з 05.02.2010 по 04.11.2011 рр. (тис.)

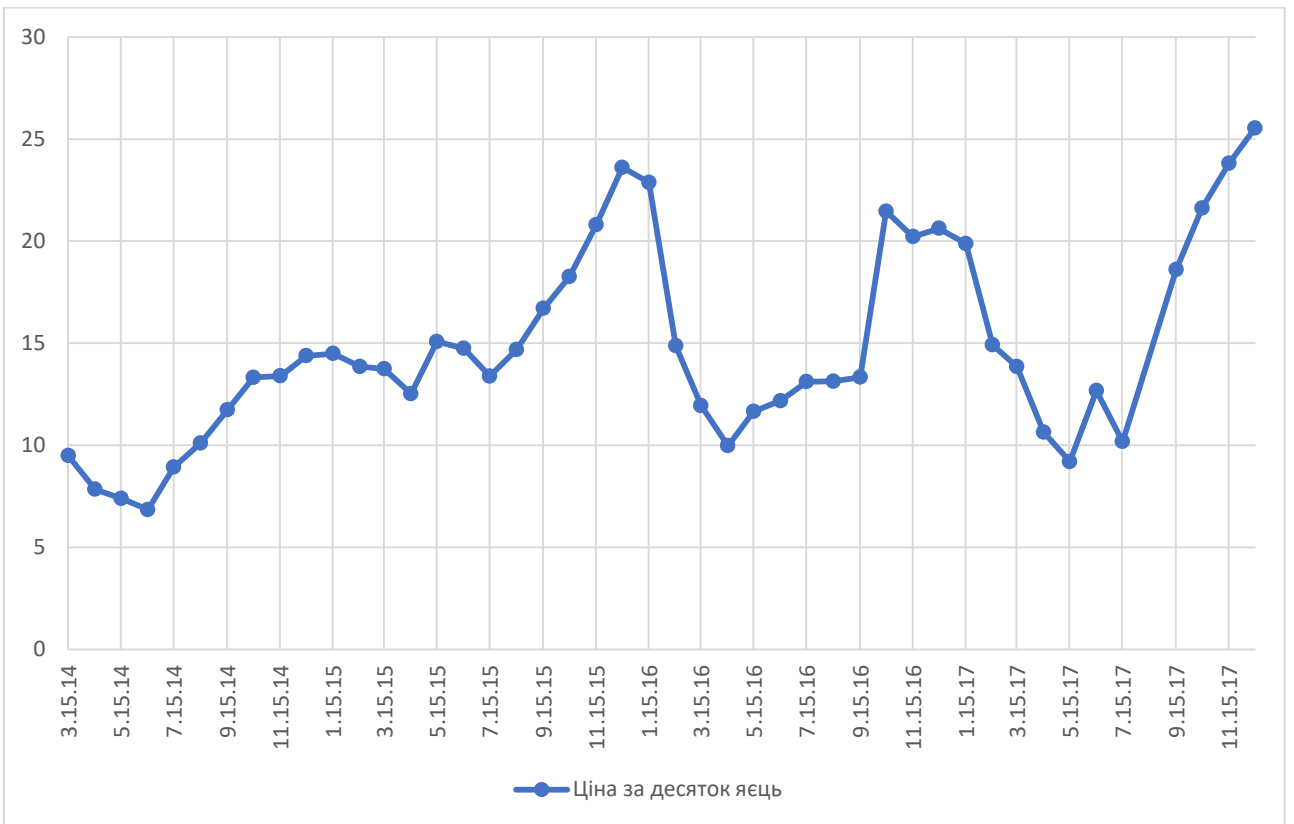


Рис. 1.2 Часовий ряд ціни за десяток яєць в Україні з 15.03.2014 по 15.12.2017 рр. (грн.)

Часовий ряд може бути двох видів: стаціонарним та нестаціонарним. Ряд вважатиметься стаціонарним, якщо деякі його характеристики будуть залишатися сталими у часі, а саме математичне сподівання, дисперсія та автоковаріація, що характеризує статистичний зв'язок між елементами ряду, на відстані k часових лагів один від одного. При розрахунку автоковаріації, слід пам'ятати, що при $k = 0$, автоковаріація між y_t та y_{t+0} буде дорівнювати значенню дисперсії. Розрахунок цих параметрів проводиться за формулами (1.1), (1.2) та (1.3) відповідно [15].

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t, \quad (1.1)$$

де \bar{y} – математичне сподівання,

n – довжина ряду,

y_t – значення ряду у t -момент часу.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2, \quad (1.2)$$

де σ^2 – дисперсія,

\bar{y} – математичне сподівання.

$$\text{cov}(y_t, y_{t+k}) = \frac{1}{n-k} \sum_{t=1}^{n-k} ((y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})), \quad (1.3)$$

де $\text{cov}(y_t, y_{t+k})$ – автоковаріація k -го порядку,

k – часовий лаг.

На рисунках 1.3 та 1.4 зображений вигляд графіків стаціонарних рядів.

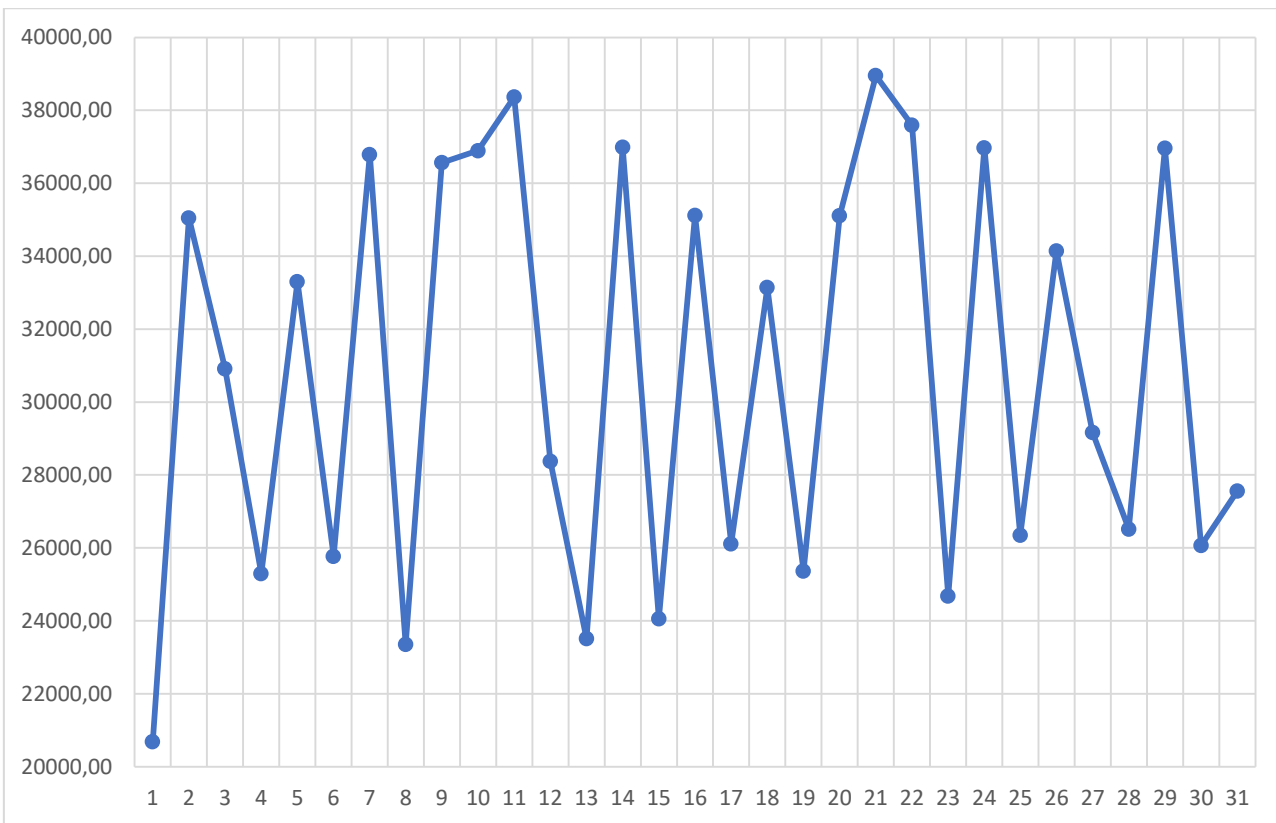


Рис. 1.3 Графік стаціонарного ряду №1

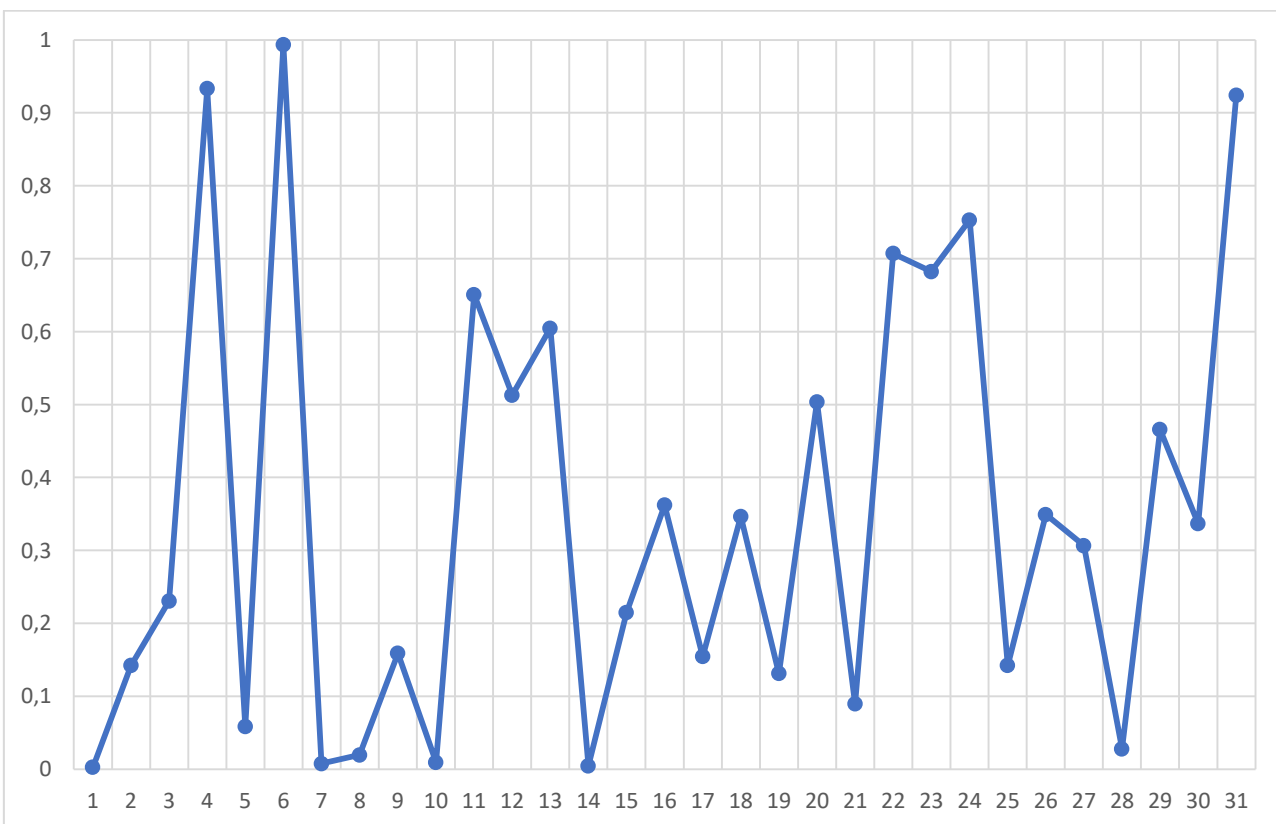


Рис. 1.4 Графік стаціонарного ряду №2

З графіків можна зробити висновок, що поведінка представленого показника у майбутньому співпадає з поведінкою у минулому, тобто немає тенденції розвитку, що є одним із показників стаціонарності.

Найчастіше, часові ряди, що описують динаміку якогось економічного показника, нестаціонарні, тобто вони мають розвиток чи повторювальні коливання, через що їх характеристики змінюються з часом. Для подальшого дослідження такого ряду, необхідно перетворити його у стаціонарний, використовуючи метод Бокса-Дженкінса, або шляхом виділення тренду чи сезонних коливань [2].

Окрім визначення типу часового ряду, необхідно його дослідити на наявність наступних компонент: тренд, сезонна, циклічна та випадкова складові. Тренд виражає зміну напрямлення розвитку часового ряду. Сезонна компонента проявляється у регулярних коливаннях, період яких не перевищує одного року; якщо період коливання більше одного року, то ряд має циклічну складову. Випадкова компонента є результатом впливу побічних чинників. На практиці, часові ряди, що описують економічні показники, не мають циклічної складової, оскільки довжини ряду не вистачає для проведення такого дослідження [5].

На рисунках 1.5 та 1.6 зображений вигляд графіків нестаціонарних рядів. При чому, на рисунку 1.5 видно, що графік має тенденцію зростати, не зважаючи на наявність маленьких спадів, а на рисунку 1.6 спостерігаються сезонні коливання.

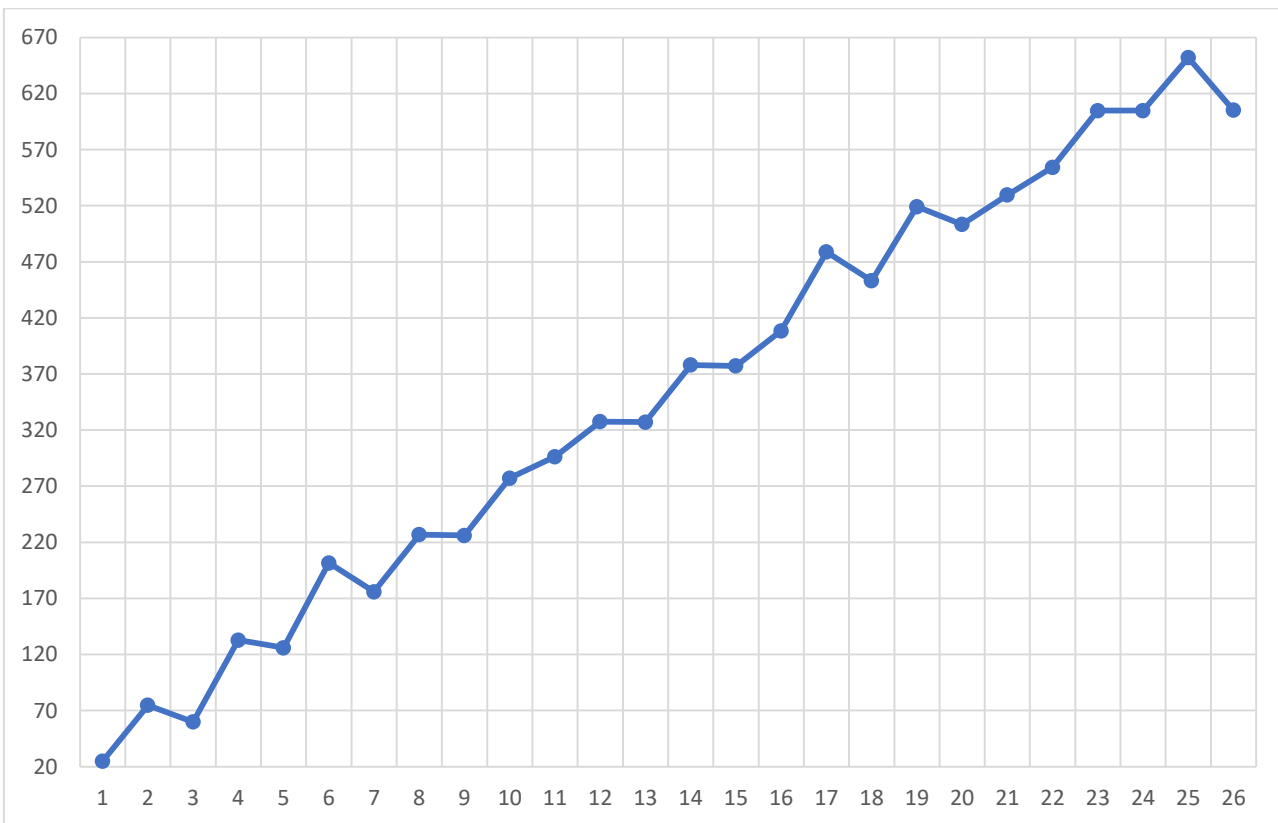


Рис. 1.5 Графік нестационарного ряду з трендом

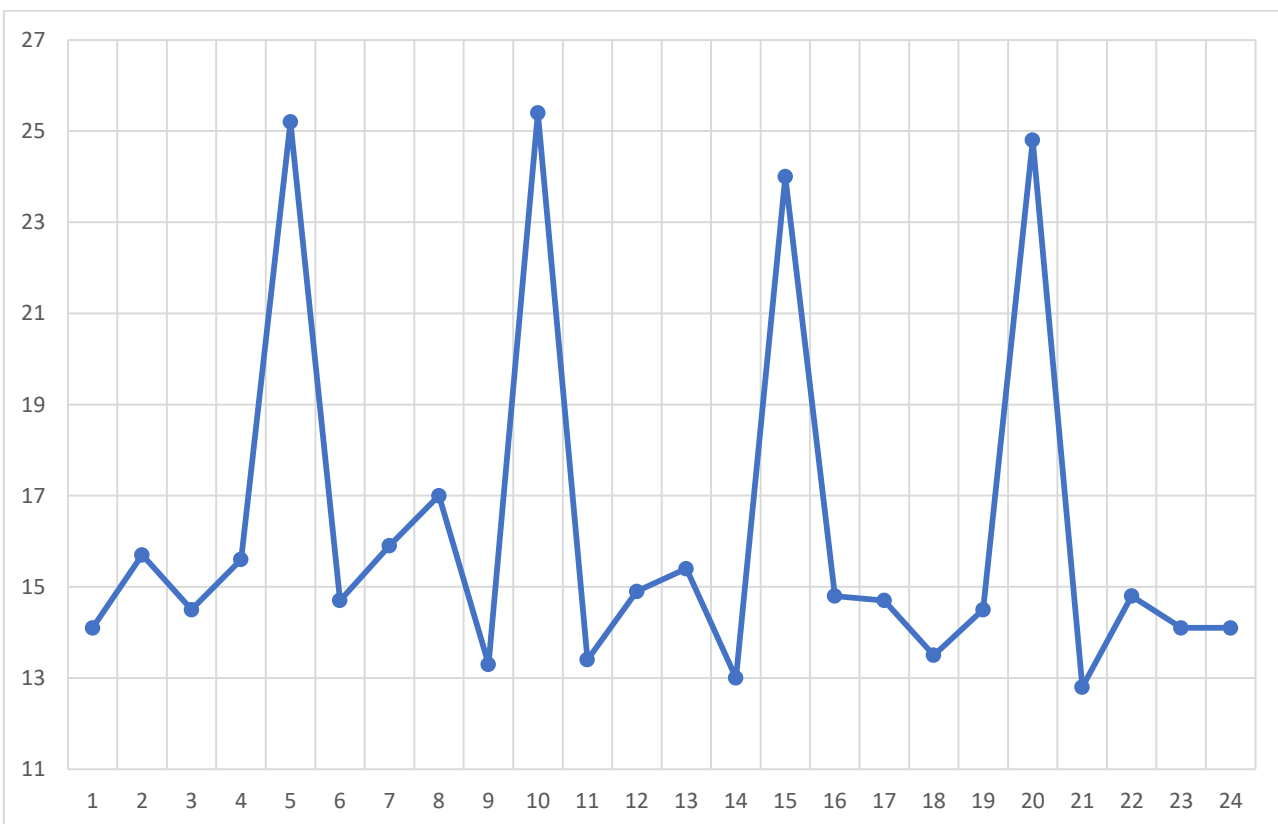


Рис. 1.6 Графік нестационарного ряду з сезонними коливаннями

Під час аналізу часового ряду, необхідно також перевірити його на випадковість, що являє собою білий шум, дані якого не залежать одне від одного, та майбутня поведінка якого непередбачувана. Задля перевірки використовуються різні методи, проте найбільш розповсюджений метод поворотних точок. Суть цього методу полягає у підрахунку кількості піків та впадин часового ряду. Пік – це значення ряду, що більше за два своїх сусіди, відповідно впадина – коли значення менше. Розрахунок поворотних точок проводиться за формулами (1.4) та (1.5) відповідно [12].

$$y_{t-1} < y_t > y_{t+1}, \quad (1.4)$$

$$y_{t-1} > y_t < y_{t+1}, \quad (1.5)$$

де y_t – поточне значення часового ряду,

y_{t-1} – попереднє,

y_{t+1} – наступне.

Після підрахунку загальної кількості поворотних точок, отримане значення порівнюється за формулою (1.6), при чому, від значення, що отримане з правої частини нерівності, береться ціла частина. Якщо нерівність не виконується, то модель вважається не адекватною та подальший аналіз не матиме сенсу, тому що для прогнозування такий ряд не підходить [1].

$$p > \left[\frac{2}{3}(n-2) - 1,96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right], \quad (1.6)$$

де p – кількість поворотних точок,

n – довжина часового ряду.

Після аналізу часового ряду, необхідно обрати метод для прогнозування, та побудувати за ним модель. Найбільш поширеними є методи згладжування, а також авторегресійні та інтегральні моделі. До класу методів згладжування входять: метод ковзного середнього, експоненціальне й адаптивне згладжування, та їх модифікації. Також, на основі зазначених методів створюються моделі авторегресійної та авторегресійної інтегральної ковзної середньої [1, 15].

1.1.2 Метод ковзного середнього

Метод ковзного середнього є найпростішим способом для вирізнення тренду та згладжування випадкових чи періодичних коливань. Суть методу полягає у заміні фактичних значень часового ряду згладженими, що мають менший розкид. Розрахункові значення лінійно залежать від певної кількості попередніх фактичних. Саме зменшення розкиду, тобто дисперсії, і є згладжуванням траєкторії ряду [12, 15].

Для побудови згладженого ряду необхідно обрати кількість даних, що будуть входити до інтервалу згладжування, при чому, розмір інтервалу – не парне число. Якщо потрібно отримати ряд, що буде повторювати коливання початкового, то розмір інтервалу обирається маленьким, і навпаки, при великому інтервалі – ряд буде більш згладженим. Згладжені значення ряду обчислюються за формулою (1.7), і являють собою середнє арифметичне серед даних, що входять до інтервалу згладжування, який кожного разу зсувається на одне значення вперед [1]:

$$\hat{y}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t-k}^{t+k} y_i, \quad (1.7)$$

де \hat{y}_t – згладжене значення ряду,

n – довжина інтервалу згладжування,

y_i – фактичне значення ряду,

$$k = \frac{n-1}{2}.$$

При побудові короткострокового прогнозу за методом ковзного середнього, прогнозним значенням на наступний період береться останній член згладженого ряду. Недоліком цього методу є те, що він не згладжує перші та останні k члени ряду, проте, цього можна досягти за допомогою методу експоненціального згладжування [15].

1.1.3 Метод експоненціального згладжування

Метод експоненціального згладжування використовує за основу метод зваженого ковзного середнього, при чому, коефіцієнти ваг підпорядковуються експоненціальному закону, тобто, якщо коефіцієнт згладжування близький до 1, то при прогнозуванні останні дані часового ряду вважаються більш важливими, і навпаки, при коефіцієнті близькому до 0 – більш впливові ранні значення. Значення прогнозного ряду розраховуються за формулою (1.8) [2].

$$\hat{y}_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\hat{y}_{t-1}, \quad (1.8)$$

де \hat{y}_t – розрахункове значення ряду,

α – коефіцієнт згладжування,

y_t – фактичне значення ряду у момент t ,

\hat{y}_{t-1} – розрахункове значення ряду у момент $t - 1$.

Перемноживши вираз у дужках формули (1.8), видно, що наступне значення ряду залежить від суми попереднього та коефіцієнта α , помноженого на похибку останнього значення ряду. Таким чином, метод експоненціального згладжування постійно коригує модель, враховуючи попередні похибки. При чому, початкове значення прогнозного ряду, тобто \hat{y}_0 , розраховується як середнє арифметичне серед всіх значень досліджуваного часового ряду або $\hat{y}_0 = y_1$, тобто перше прогнозне значення дорівнює першому фактичному. Коефіцієнт згладжування є константою і береться з проміжку $(0; 1)$. Однак, якщо в ході досліджень виявилось, що при коефіцієнті α , близького до 1, отримана краща точність прогнозу, то слід обрати іншу модель. Це зумовлене тим, що велике значення коефіцієнта згладжування може свідчити про наявність вираженої тенденції або сезонних коливань [2, 12].

1.1.4 Метод адаптивного згладжування

Метод адаптивного згладжування – це модифікація експоненціального згладжування. Єдина відмінність цих методів полягає у тому, що при адаптивному згладжуванні коефіцієнт адаптації не є константою, а автоматично змінюється у процесі обчислення. Регулювання величини коефіцієнта здійснюється за допомогою трекінг-сигналу, що використовується для вимірювання неадекватності моделі. Трекінг-сигнал являє собою відношення згладженої похибки прогнозування, поділеної на її абсолютне значення, тобто [12, 15]:

$$\hat{e}_t = \beta e_t + (1 - \beta)\hat{e}_{t-1}, \quad (1.12)$$

$$\tilde{e}_t = \beta |e_t| + (1 - \beta)\tilde{e}_{t-1}, \quad (1.13)$$

де \hat{e}_t – згладжена похибка,

\tilde{e}_t – абсолютне значення \hat{e}_t ,

β – параметр згладжування ($0 < \beta < 1$),

$e_t = y_t - \hat{y}_{t-1}$.

$$K_t = \frac{\hat{e}_t}{\tilde{e}_t}, \quad (1.11)$$

де K_t – трекінг-сигнал.

Таким чином, згладжування часового ряду за методом адаптивного згладжування відбувається за формулою (1.12), тільки коефіцієнт α постійно перераховується за формулою (1.13):

$$\hat{y}_t = \alpha_t y_t + (1 - \alpha_t)\hat{y}_{t-1}, \quad (1.12)$$

$$\alpha_t = |K_t|, \quad (1.13)$$

де α_t – параметр згладжування у момент t .

Перерахування коефіцієнту згладжування дає змогу моделі автоматично реагувати на розбіжність між фактичними та розрахунковими значеннями ряду, збільшуючи значення параметра α , якщо необхідно надати перевагу останнім даним, та забезпечити швидке пристосування моделі. Як тільки модель пристосована до нової ситуації, α знову зменшується [12].

1.1.5 ARIMA-модель

Під час аналізу нестационарних рядів, доцільно використовувати клас ARIMA-моделей, також відомих як моделі авторегресії інтегрованого ковзного середнього. ARIMA-модель будується на основі моделей стаціонарних рядів – авторегресії (AR) і ковзного середнього (MA), та порядку різниць (I) [5].

При авторегресійних процесах кожне значення часового ряду лінійно залежить від p попередніх, тому такий процес буде мати порядок p , та позначатись як $AR(p)$. У моделях ковзного середнього, поточне значення ряду розраховується як зважене середнє q попередніх значень білого шуму, і записується як $MA(q)$. Формулами (1.14) та (1.15) відображені рівняння моделей авторегресії та ковзного середнього [5, 12].

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (1.14)$$

$$y_t = \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t + \mu, \quad (1.15)$$

де ϕ, θ, μ – деякі сталі,

ε_t – білий шум.

Якщо досліджуваний ряд нестационарний, то слід проводити процедуру диференціювання, тобто взяття перших різниць, доки ряд не стане стаціонарним. Кількість проведених процедур d буде визначати порядок різниць, що позначається як $I(d)$. У даному випадку диференціювання означає процес перетворення часового ряду за формулою (1.16) [23].

$$\hat{y}_t = y_t - y_{t-1}, \quad (1.16)$$

де \hat{y}_t – значення перетвореного ряду,

y_t – значення оригінального часового ряду.

Таким чином, $ARIMA(p, d, q)$ модель має три параметри: p – порядок авторегресії, d – порядок різниць, q – порядок ковзного середнього. Формула (1.17) відображає загальне рівняння ARIMA-моделі.

$$(1.17)$$

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Перед початком визначення параметрів моделі, необхідно перевірити досліджуваний ряд на стаціонарність. Вже було зазначено, що таке стаціонарність, та як вона виглядає на графіку, проте, стаціонарність також можна перевірити за допомогою графіків автокореляційної (АКФ) і частково автокореляційної (ЧАКФ) функцій, або провести розширений тест Діккі-Фуллера.

АКФ показує статистичну залежність між попередніми та наступними членами ряду, що віддалені на k часових лагів один від одного, а графік такої функції називається корелограмою. При стаціонарності ряду, АКФ повинна швидко зменшуватися зі збільшенням k . Якщо крива спадає повільно, то ряд вважається нестаціонарним. За допомогою автокореляційної функції визначається параметр q ARIMA-моделі. Значення q приймається як номер лагу, після якого коефіцієнти АКФ майже не відрізняються від 0. ЧАКФ описує кореляцію між значеннями ряду без впливу проміжних значень. При аналізі часткової корелограми визначається величина параметра p . Принцип вибору такий же, як і для порядку q . На рисунках 1.7 та 1.8 зображені корелограми автокореляційних функцій нестаціонарного та стаціонарного рядів відповідно [15, 17].

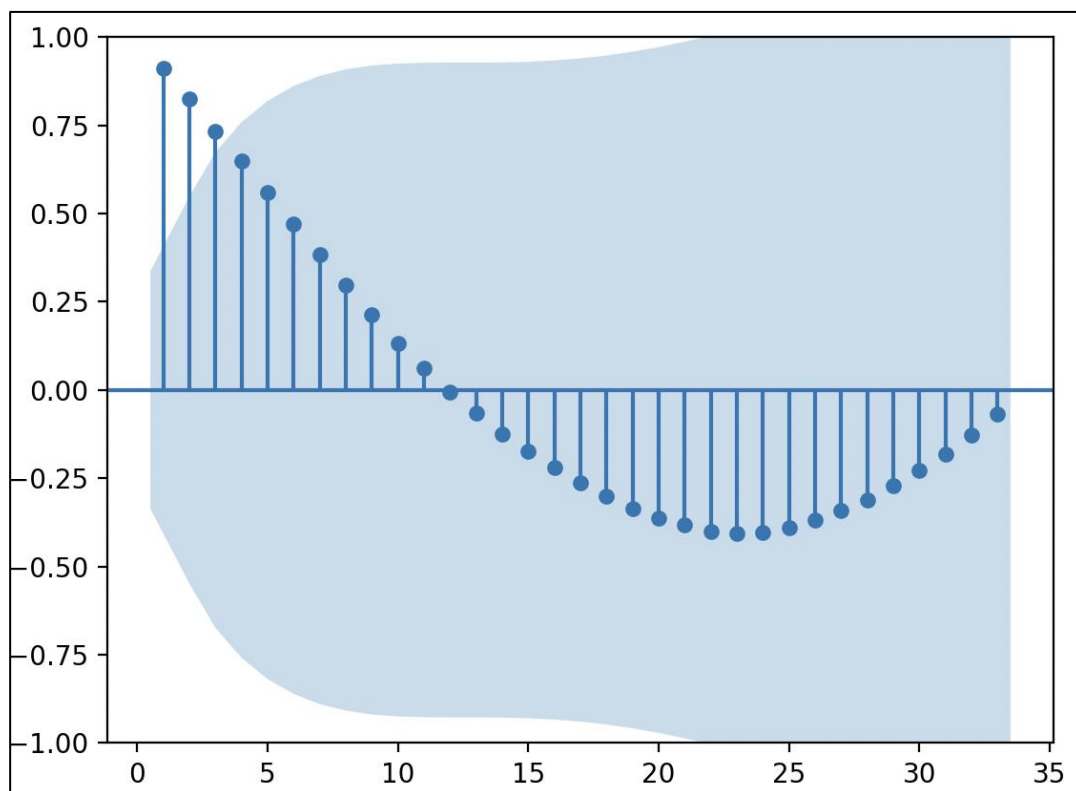


Рис. 1.7 Корелограма нестационарного ряду

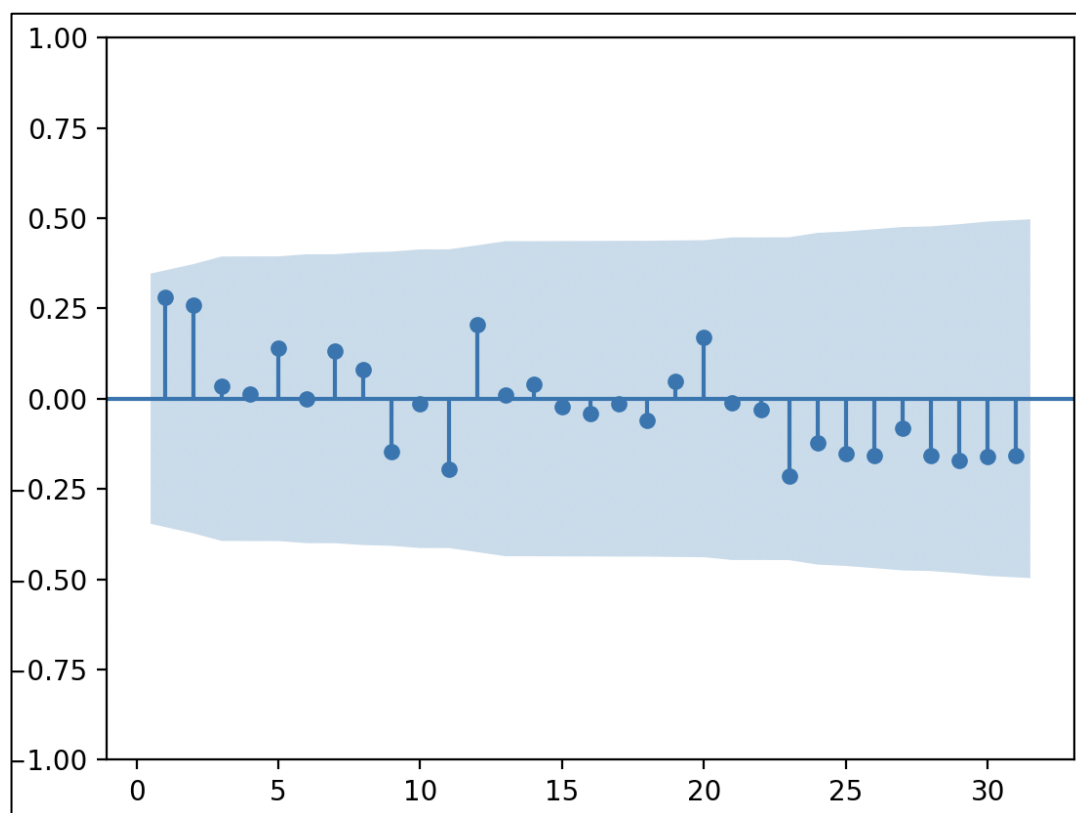


Рис. 1.8 Корелограма стаціонарного ряду

Основним призначенням розширеного тесту Діккі-Фуллера є отримання величини p -value, тобто ймовірності того, що ряд не є стаціонарним, та критичних значень τ -статистики МакКінона. Провести тест можна за допомогою пакету E.Views або бібліотеки Python тощо; за результатами тесту, ряд буде вважатися стаціонарним, якщо p -value буде менше за 0.1, та абсолютна величина розрахункового значення τ -статистики більше за абсолютні величини критичного значення при 1%, 5% та 10% рівнях значущості. Якщо одна із цих вимог не виконується, то слід провести процедуру диференціювання та виконати тест ще раз для перетвореного часового ряду. У деяких джерелах також пишеться, що для підтвердження стаціонарності, p -value має бути менше за 0.05. У будь-якому випадку, після визначення параметрів моделі, слід оцінити їх точність за інформаційними критеріями, і тільки після цього обрати найкращу для подальшого прогнозування [11].

Якщо під час дослідження постає питання вибору кращої моделі, то слід використати інформаційні критерії Акаїке (AIC) та Баєса (BIC). Дані критерії розраховуються за формулами (1.18) та (1.19) відповідно, вони штрафують суму квадратів залишків, якщо до моделі додаються параметри [24].

$$AIC = \ln \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} + \frac{p+q}{n}, \quad (1.18)$$

де AIC – інформаційний критерій Акаїке,

n – довжина ряду,

y_t – значення оригінального часового ряду.

\hat{y}_t – прогнозне значення,

p – порядок авторегресії,

q – порядок ковзного середнього.

$$BIC = \ln \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} + \left(\frac{p+q}{n}\right) \ln n, \quad (1.19)$$

де BIC – критерій Баєса.

Для оцінки моделей не обов'язково використовувати усі параметри, достатньо обрати один, який має найменше значення. Якщо необхідно провести додатковий аналіз, можна порівняти значення похибок, що описані далі.

1.2 Методи оцінювання точності прогнозу

Отримана модель повинна бути достатньо точною, щоб вважатися прийнятною для прогнозування. Для її оцінки необхідно дослідити ряд залишків, що являють собою різницю між розрахунковими та фактичними значеннями. Отриманий ряд використовується для розрахунку коефіцієнта Тейла, середнього абсолютного та абсолютного у відсотках відхилення, середньоквадратичного відхилення та його кореня. Розрахувати ці показники можна за формулами (1.20) – (1.24) відповідно [1, 15].

$$K_T = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n y_t^2}{n} + \frac{\sum_{t=1}^n \hat{y}_t^2}{n}}}, \quad (1.20)$$

де K_T – коефіцієнт Тейла,

n – довжина ряду,

y_t – значення оригінального часового ряду.

\hat{y}_t – прогнозне значення.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|, \quad (1.21)$$

де MAD – середнє абсолютне відхилення.

$$MAPE = 100\% * \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|, \quad (1.22)$$

де $MAPE$ – середнє абсолютне відхилення у відсотках.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2, \quad (1.23)$$

де MSE – середньоквадратичне відхилення.

$$RMSE = \sqrt{MSE}, \quad (1.24)$$

де $RMSE$ – корінь середньоквадратичного відхилення.

Під час аналізу перелічених показників, слід дотримуватися принципу мінімуму, тобто, чим менше значення похибки, тим краща модель. Проте,

оцінка по МАРЕ проводиться за наступними правилами: якщо менше 10% – висока точність прогнозу, 10-20% – добра, 20-40% – задовільна, 40-50% – погана, більше 50% – незадовільна [2, 15].

1.3 Висновок до Розділу 1

Процес прогнозування складається з етапів дослідження та аналізу набору даних, що описують деякий процес, з метою виявлення тенденцій та оцінки майбутньої зміни процесу. Методи прогнозування поділяються на два класи: формалізовані та інтуїтивні. Формалізовані методи базуються на використанні набору числових даних, а інтуїтивні – на оцінках експертів.

Набір даних, на основі яких будується прогноз, називається часовим рядом, який може бути стаціонарним та нестаціонарним. При стаціонарності математичне сподівання, дисперсія та автоковаріація часового ряду не залежать від часу. Перед початком прогнозування слід перевірити ряд на випадковість за методом поворотних точок; якщо ряд випадковий, то передбачити його поведінку складно, тому подальше прогнозування не матиме сенсу.

Оскільки багато часових рядів схильні до коливань, то для виявлення тенденції можна використовувати механічні методи згладжування. Одним із таких методів є метод ковзного середнього, за правилом якого кожне значення ряду дорівнює середньому арифметичному декількох попередніх. Кращим, ніж метод ковзного середнього, є експоненціальне згладжування, яке дає змогу згладжувати усі значення ряду. Однак, найкращим серед методів згладжування залишається адаптивне згладжування, модель якого завжди адаптується під нові дані.

Використання методів згладжування допустиме для будь-яких часових рядів, проте, ARIMA-модель слід застосовувати тільки при стаціонарності ряду. Щоб перевірити ряд на стаціонарність, можна проаналізувати графік ряду або його корелограми. Для більшої впевненості, доцільно використати програми, що проведуть розширений тест Діккі-Фуллера. Якщо ряд виявляється нестаціонарним, береться перша різниця часового ряду, та проводиться тест ще

раз. Кількість взяття різниць відповідає параметру d ARIMA-моделі, а p та q дорівнюють останньому ненульовому лагу ЧАКФ та АКФ відповідно. Для оцінки ARIMA-моделі застосовуються критерії Акаїке та Басса, а для загальної оцінки точності моделей розраховуються спеціальні похибки, що використовують ряд залишків.

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНИЙ

2.1 Економічні показники України, що досліджуються у роботі

Макроекономіка – це динамічна наука, що досліджує розвиток економічної системи країни, відображаючи вплив змін тенденцій в економічних процесах в цілому та у світовій економіці. Тому, можна зазначити, що макроекономіка досліджує такі проблеми, як інфляція та безробіття, причини дефіциту бюджету, зміну валютних курсів та інших економічних проблем [18].

2.1.1 Золотовалютні резерви

Золотовалютні резерви – це резерви держави, що відображаються на балансі Національного банку у вигляді валютних активів, що включають золото та міжнародні платіжні засоби, які визнані світовою спільнотою. Використовувати резерви можна для анулювання зовнішніх боргів, проведення міжнародних розрахунків та продажу валюти на фінансових ринках для реалізації грошово-кредитної політики. Основними джерелами поповнення золотовалютних резервів є: купівля монетарного золота чи іноземної валюти; кошти від міжнародних кредиторів; доходи від операцій з іноземною валютою [21, 22].

На коливання запасу резервів може впливати ряд чинників, зокрема стан розвитку національного господарства, величина зовнішнього боргу, темпи інфляції, курс національної валюти та валютні обмеження в країні. Визначення оптимального рівня резервів відіграє важливу роль у регулюванні фінансової та курсової стабільності держави, тому що занижений рівень золотовалютних

резервів обмежує можливості держави, завищений – заморожує частину доходу на тривалий період. Для забезпечення достатнього рівня резервів, заведено визначати відношення їх величини до середнього обсягу імпорту, при чому, отримане значення повинно бути не менше вартості імпорту товарів за три майбутні місяці [13, 21, 22].

Динаміка величини золотовалютних резервів України з 2009 по 2022 роки відображена графіком на рисунку 2.1.

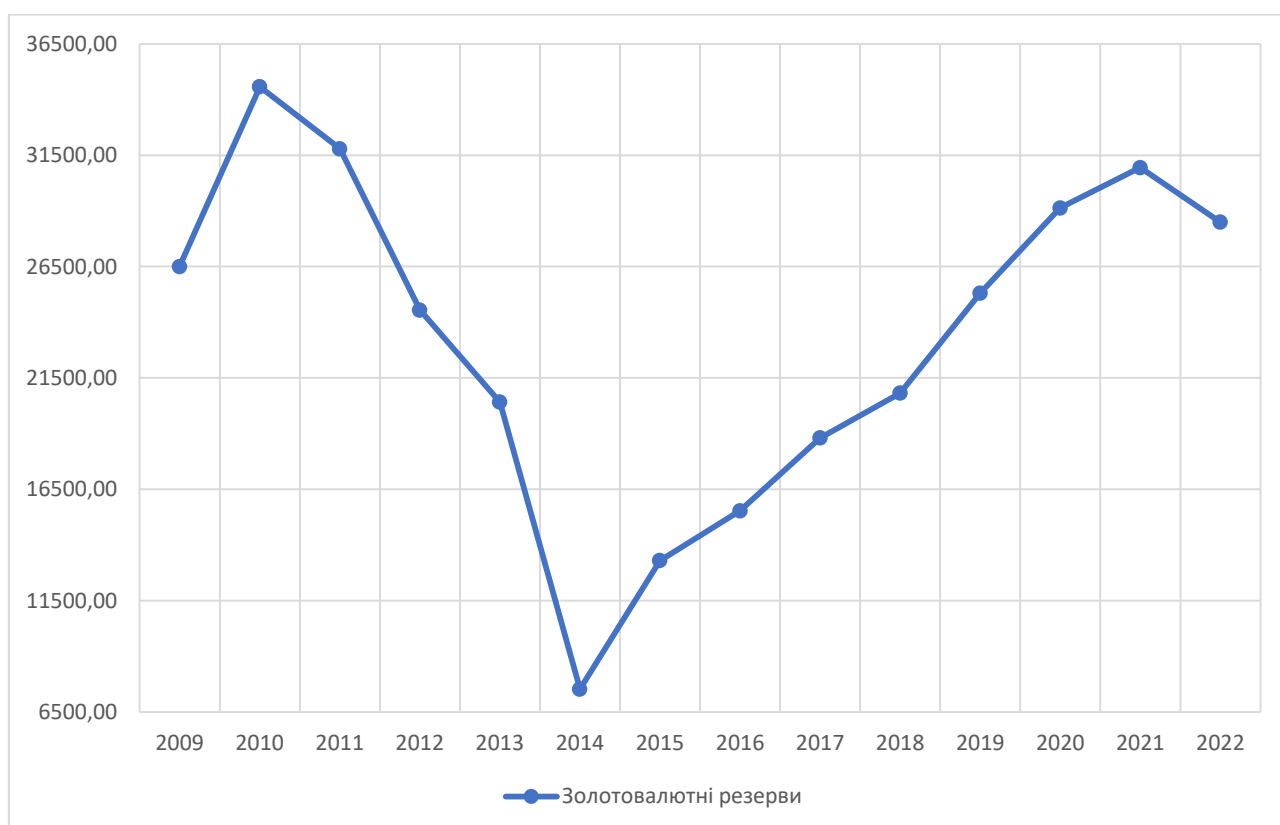


Рис. 2.1 Золотовалютні резерви України з 2009 по 2022 рр. (млн. дол. США)

З графіка видно, що максимальний обсяг золотовалютних резервів був у 2010 році, спричинений купівлею іноземної валюти на міжбанківському валютному ринку та надходженню траншу від МВФ. Перше значне падіння активів відбулося у 2012 році, та продовжувалося до 2014 включно, досягнувши найменшого значення – 7533.33 млн. дол. США. Таке стрімке падіння було зумовлене погашеннями кредитів МВФ; проте, такий малий обсяг резервів у 2014 р. пов'язаний із девальвацією гривні та значного впливу іноземної

валюти з банківської системи. У 2015 р., завдяки надходженню чергової фінансової підтримки від МВФ, обсяг резервів збільшився до 13299.99 млн. дол. США; ця тенденція зросту тривала до 2021 року. У 2022 р. спостерігається не значне, порівняно з попередніми роками, зменшення обсягу резервів, зумовлене початком повномасштабного вторгнення на територію України, але, не дивлячись на це, завдяки надходженням від іноземних партнерів, рівень золотовалютних резервів підтримувався на достатньому рівні [16].

2.1.2 Рівень інфляції

Інфляція являє собою найтяжчий прояв макроекономічної нестабільності, який проявляється у загальному зростанні рівня цін на товари та послуги, що призводить до знецінення грошей. Суть інфляції проявляється у систематичному перепоповненні сфери грошового обігу масою надлишкових грошей, що залучає додатковий перерозподіл національного доходу на шкоду населенню країни. Після випуску грошей, держава може направляти їх на покриття дефіциту Державного бюджету, що, в результаті, порушує співвідношення між товарною та грошовою масами [6, 20].

Темп інфляції – це показник, що відображає, як змінилася інфляція за певний період, і визначається шляхом ділення різниці індексів цін за поточний та попередній роки на індекс цін за попередній рік, та множенням отриманої частки на 100%, тобто [18]:

$$TI = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} * 100\%, \quad (2.1)$$

де TI – темп інфляції,

P_t – індекс цін у поточному періоді,

P_{t-1} – індекс цін базового періоду.

Як правило, інфляційний процес напряму пов'язаний із війнами чи епідеміями, затяжними неврожаями тощо. Природні катаклізми істотно впливають на об'єми виробництва сільськогосподарської галузі економіки, що може призвести до зростання цін на продовольство, особливо, якщо даний

сектор займає значне місце в економіці країни. Погіршення ситуації може призвести до голоду та поглиблення інфляційного процесу. Війна, своєю чергою, впливає на економіку таким чином, що країна виготовляє у великому обсязі військову техніку, виробництво якої використовує найновіші технології, високоякісні матеріали та працівників найвищої кваліфікації. Це означає, що відбувається вилучення зазначених факторів із цивільних галузей, що виготовляли продукти для споживчого ринку. Відшкодування усіх витрат забезпечується через Державний бюджет, що спричиняє інфляційне фінансування його дефіциту [9].

Інфляція негативно впливає на всі соціально-економічні аспекти життя країни, зокрема гальмує розвиток національної економіки, що відображається у зниженні ефективності вітчизняного виробництва та мотивації щодо праці. На фоні цього зростає відсоток безробітних, підвищується курс національної валюти та загалом зростає вартість життя, що посилює загрозу дестабілізації соціально-політичної ситуації в країні, що може виражатися у страйках тощо [19].

Динаміка індексу інфляції в Україні з 2000 по 2022 роки відображена графіком на рисунку 2.2.

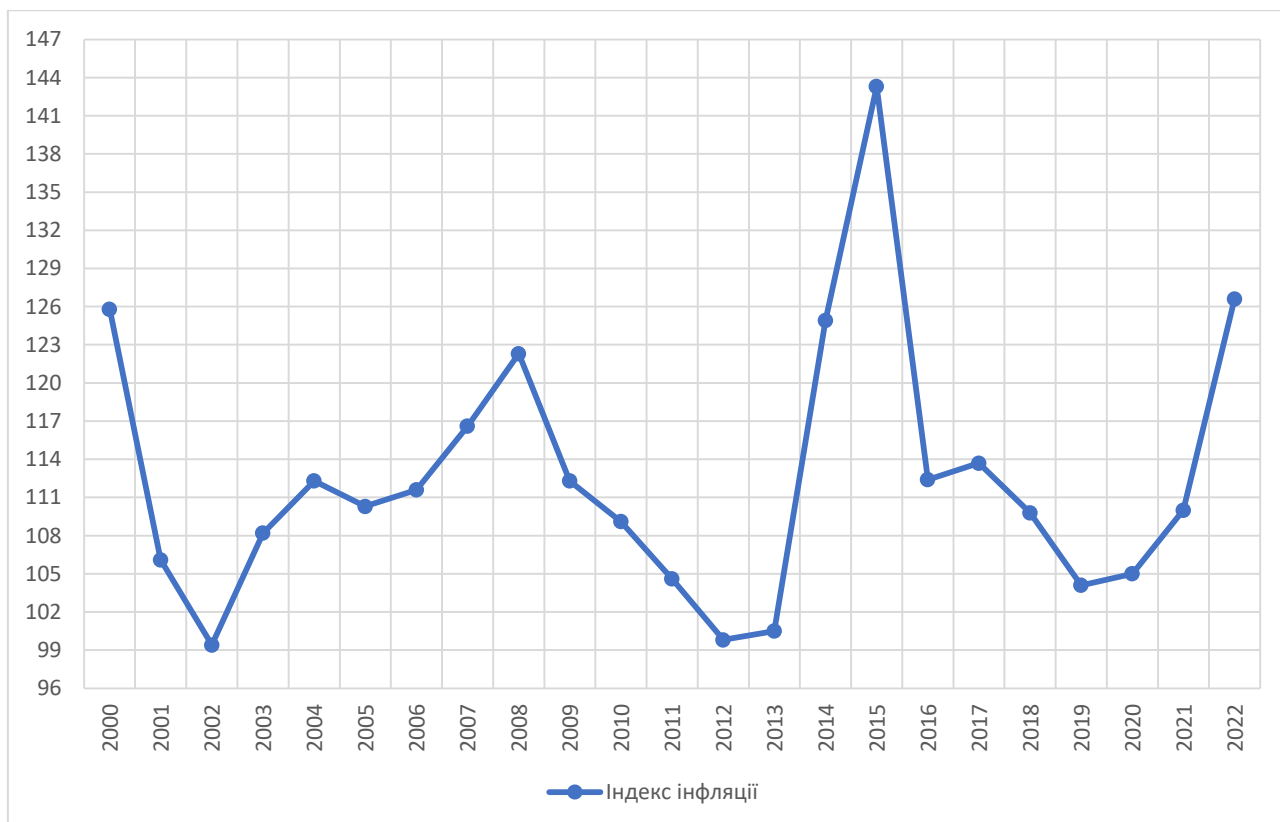


Рис. 2.2 Індекс споживчих цін в Україні з 2000 по 2022 рр. (%)

Із представленою графіку видно, що мінімального, тобто від'ємного значення, індекс інфляції набув у 2002 році, склавши 99.4%. Це спричинено зниженням цін на продовольчі товари через добрий врожай. У 2008 році, у період світової фінансової кризи, спостерігається значне зростання індексу, який досягає 122.3%. Завдяки поступовій стабілізації ситуації, у 2012 р. рівень інфляції досяг значення 99.8%. З 2013 по 2015 рр. на фоні політичного перевороту та загальних політичних змін, зокрема військового конфлікту на сході України, рівень інфляції набув пікового значення 143.3%. Такий зріст був зумовлений значним підвищенням цін та комунальних тарифів, а також девальвацією гривні. У 2022 р. рівень інфляції стрімко зріс та склав 126.6%. Така зміна спричинена початком повномасштабного вторгнення Росії на територію України, що супроводжується руйнуванням інфраструктури. Не зважаючи на це, даний показник виявився меншим за прогнозне значення Міністерства економіки України, що свідчить про успішне адаптування економіки до функціонування в умовах війни [3, 14].

2.1.3 Зовнішній борг

Державний борг – це загальна сума коштів, яку держава запозичила, щоб покрити дефіцит бюджету країни; останній, своєю чергою, означає суму перевищення видатків над доходами бюджету. Розрізняють державний внутрішній та зовнішній борги. Внутрішній борг слід розуміти як заборгованість за випущеними та непогашеними внутрішніми позиками держави, простими словами, це борг держави перед своїми громадянами. Своєю чергою, зовнішній борг – це фінансові зобов'язання держави перед іноземними кредиторами, якими можуть виступати іноземні держави, організації чи окремі особи. Окрім погашення суми боргу, держава зобов'язана також сплатити за ним відсотки [6, 20].

Як було зазначено раніше, державний борг виникає через дефіцит у бюджеті, а виникнення бюджетного дефіциту провокують: економічна нестабільність чи криза; спад національного виробництва; збільшене фінансування військово-промислового комплексу та інші бюджетні витрати. Хоча наявність державного боргу негативно впливає на економіку, він також має і позитивний вплив. З позитивного впливу можна зазначити збільшення рівня зайнятості населення, зростання рівня доходів та споживчого попиту. Ознаки негативного впливу є очевидними, серед них: підвищення податків; зменшення обсягу приватних інвестицій; експортування значного обсягу вироблених продуктів для погашення боргу [6, 20].

Динаміка суми зовнішнього боргу України з 2011 по 2022 роки відображена графіком на рисунку 2.3.

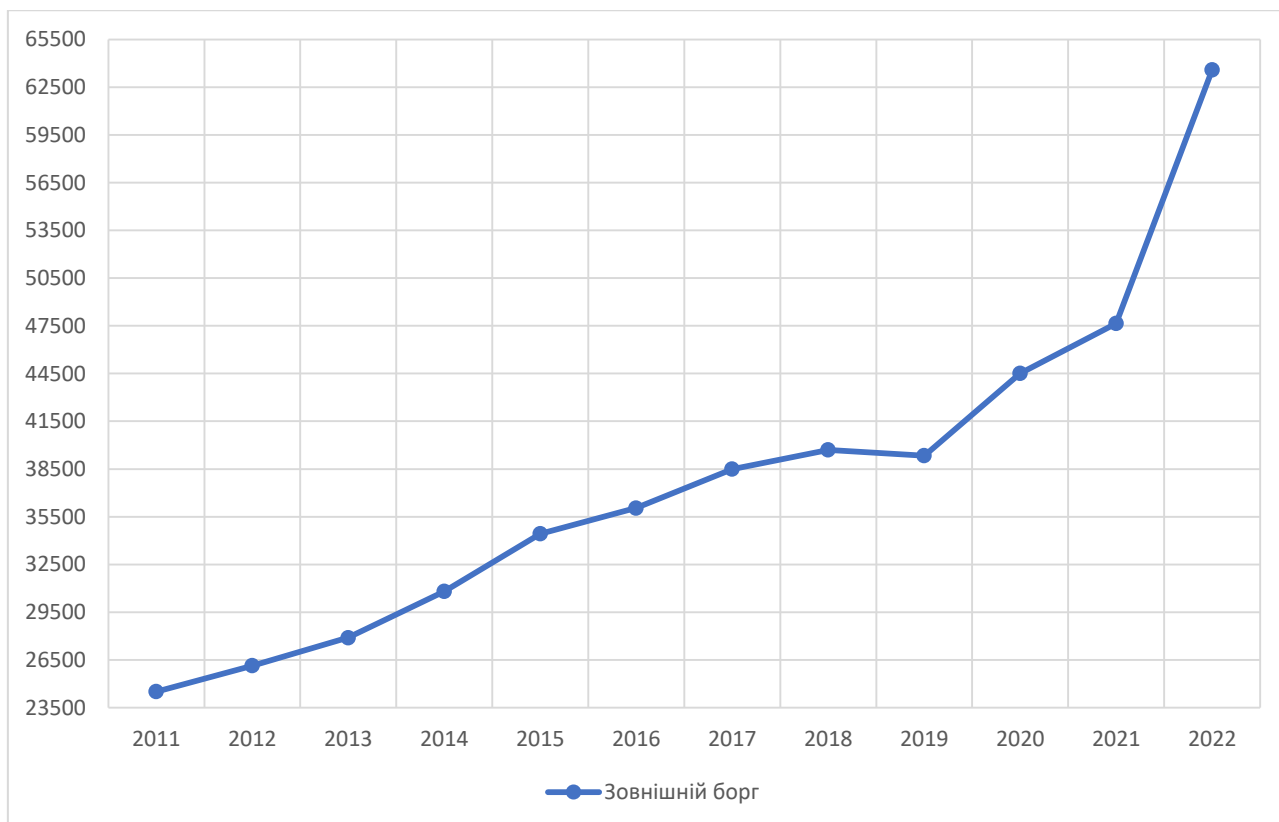


Рис. 2.3 Зовнішній борг України з 2011 по 2022 рр. (млн. дол. США)

За весь зазначений період спостерігається поступове збільшення зовнішнього боргу, але ситуація кардинально змінювалася після 2013, 2019 та 2021 років. Після 2013 р. зовнішній борг кожного року зростає на 3000-4000 млн. дол. США, враховуючи, що зазвичай сума збільшувалася приблизно на 1500 млн. дол. США. Дана зміна пов'язана із політичною ситуацією на сході України, що переросла у військовий конфлікт, дестабілізувавши економіку. Наступне різке збільшення зовнішнього боргу зафіксоване у 2020 році, спричинене кризою через поширення Covid-19, що спровокувало падіння макроекономічних показників. Останній різкий зріст державного боргу зафіксовано у 2022 році, що спричинений початком війни на території України. Через те, що більшість коштів йдуть на оборону, а окрім цього необхідно надалі підтримувати усі соціальні сфери країни, Україна вимушена брати кредити в іноземних державах тощо, що тільки збільшує зовнішній борг.

2.2 Аналіз часових рядів показників

Для дослідження обрано три економічних показники: рівень інфляції, розмір золотовалютних резервів та зовнішнього боргу України; дані яких знаходяться у вільному доступі на просторах інтернету. Перед початком розробки прогнозу на травень 2023 р., необхідно дослідити часовий ряд кожного із показників.

Оскільки, робота присвячена дослідженню показників саме під час повномасштабної війни, то період дослідження повинен охоплювати час до, та після початку війни, а серединою періоду має бути лютий 2022 р. Враховуючи це все, для того, щоб мати можливість спрогнозувати поведінку показників у травні 2023 р., обрано період з грудня 2020 по квітень 2023 рр. Даний період складається з 29 місяців, при чому лютий 2022 р. – середина, тому до та після нього залишається по 14 місяців.

Нижче подано первісний аналіз часових рядів, та їх перевірка за методом поворотних точок.

Золотовалютні резерви. Часовий ряд для даного показника, що наведений у таблиці 2.1, та у графічному представленні на рисунку 2.4, отримано з сайту – [7].

Таблиця 2.1

Величина золотовалютних резервів України з грудня 2020 по квітень 2023 рр.

Місяць - рік	Значення, млн. дол. США
-1-	-2-
Грудень 2020	29132.89
Січень 2021	28820.91
Лютий 2021	28543.18
Березень 2021	27034.79
Квітень 2021	28000.06
Травень 2021	27840.23
Червень 2021	28357.7
Липень 2021	28951.12
Серпень 2021	31614.07
Вересень 2021	28706.11

Жовтень 2021	29654.29
Листопад 2021	30598.44
Грудень 2021	30940.95
Січень 2022	29086.98
Лютий 2022	27552.86
Березень 2022	28107.45
Квітень 2022	26945.07
Травень 2022	25102.24
Червень 2022	22802.15
Липень 2022	22386.6
Серпень 2022	25438.75
Вересень 2022	23932.19
Жовтень 2022	25246.38
Листопад 2022	27954.58
Грудень 2022	28494.46
Січень 2023	29928.21
Лютий 2023	28869.64
Березень 2023	31886.73
Квітень 2023	35943.19

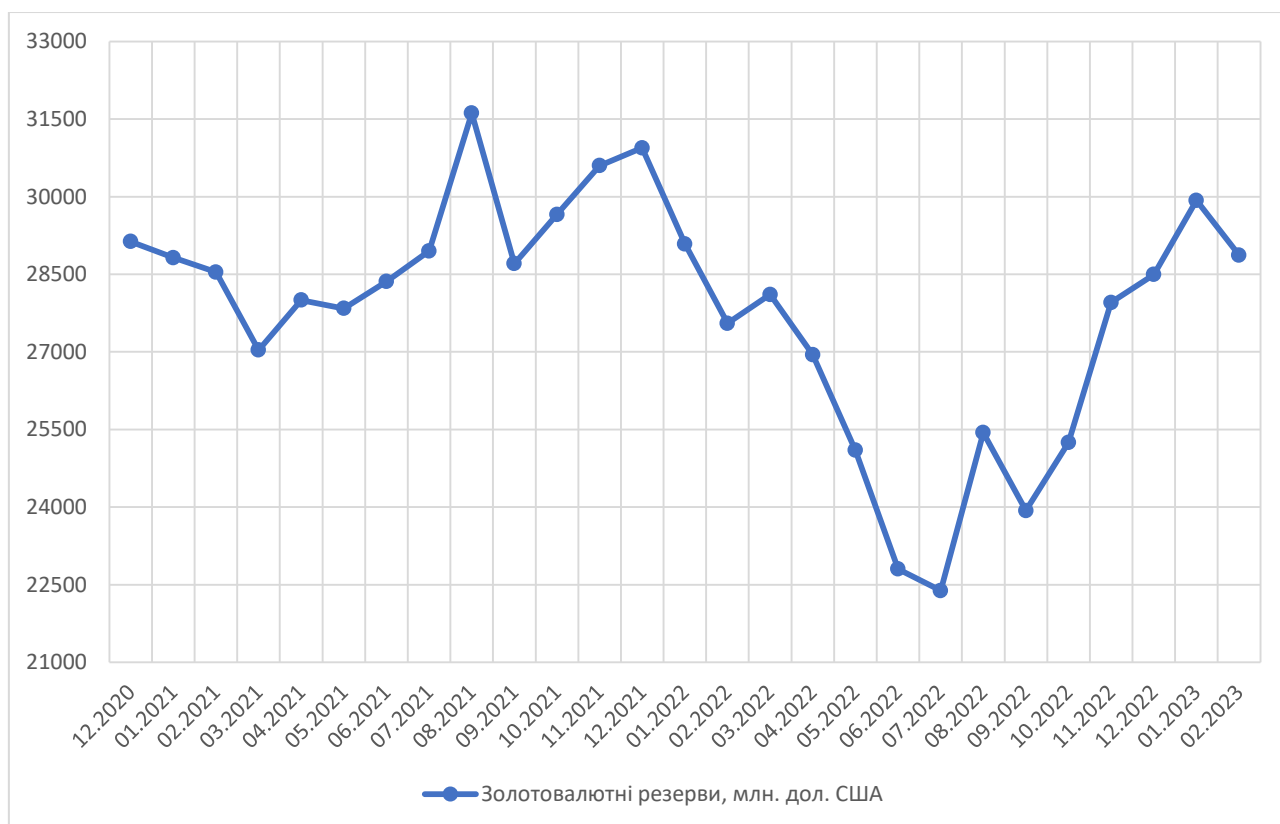


Рис. 2.4 Золотовалютні резерви з грудня 2020 по квітень 2023 рр.

На графіку видно, що після березня 2022 р., величина резервів скорочувалася з кожним місяцем до липня 2022 р. включно, досягнувши мінімуму за весь представлений період, що склав 22386.6 млн. дол. США. Це можна пояснити тим, що за рахунок золотовалютних резервів відбувається погашення боргів та підтримка оборонного сектору. Проте, можна побачити, що зменшення золотовалютних активів почалося ще до початку війни, з грудня 2021 р. по лютий 2022 р., спричинене постійними здогадами іноземних держав щодо майбутньому вторгнення. На даний момент спостерігається пікова величина резервів, що складає 35943.19 млн. дол. США.

Тепер необхідно перевірити ряд на випадковість, використовуючи формули (1.4) – (1.6). Перевірка перших трьох рівнів ряду:

$t = 1$: не поворотна точка;

$t = 2$: $29132.89 > 28820.91 > 28543.18$, не поворотна точка;

$t = 3$: $28820.91 > 28543.18 > 27034.79$, не поворотна точка.

Загальні результати наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Поворотні точки часового ряду золотовалютних резервів

Місяць - рік	Поворотна точка
-1-	-2-
Грудень 2020	–
Січень 2021	–
Лютий 2021	–
Березень 2021	впадина
Квітень 2021	пік
Травень 2021	впадина
Червень 2021	–
Липень 2021	–
Серпень 2021	пік
Вересень 2021	впадина
Жовтень 2021	–
Листопад 2021	–
Грудень 2021	пік
Січень 2022	–
Лютий 2022	впадина
Березень 2022	пік

Квітень 2022	–
Травень 2022	пік
Червень 2022	–
Липень 2022	впадина
Серпень 2022	пік
Вересень 2022	впадина
Жовтень 2022	–
Листопад 2022	–
Грудень 2022	–
Січень 2023	пік
Лютий 2023	впадина
Березень 2023	–
Квітень 2023	–

Загальна кількість поворотних точок – 14, тепер за формулою (1.6) необхідно виконати перевірку нерівності:

$$14 > \left[\frac{2}{3} (29 - 2) - 1,96 \sqrt{\frac{16 * 29 - 29}{90}} \right] ?$$

$$14 > [13.69] ?$$

$$14 > 13$$

Нерівність виконується, отже можна будувати прогноз.

Інфляція. Часовий ряд отримано з сайту – [8], та наведено у таблиці 2.3 й на рисунку 2.5.

Таблиця 2.3

Рівень інфляції в Україні з грудня 2020 по квітень 2023 рр.

Місяць - рік	Значення, %
-1-	-2-
Грудень 2020	100.9
Січень 2021	101.3
Лютий 2021	101
Березень 2021	101.7
Квітень 2021	100.7
Травень 2021	101.3
Червень 2021	100.2
Липень 2021	100.1
Серпень 2021	99.8

Вересень 2021	101.2
Жовтень 2021	100.9
Листопад 2021	100.8
Грудень 2021	100.6
Січень 2022	101.3
Лютий 2022	101.6
Березень 2022	104.5
Квітень 2022	103.1
Травень 2022	102.7
Червень 2022	103.1
Липень 2022	100.7
Серпень 2022	101.1
Вересень 2022	101.9
Жовтень 2022	102.5
Листопад 2022	100.7
Грудень 2022	100.7
Січень 2023	100.8
Лютий 2023	100.7
Березень 2023	101.5
Квітень 2023	100.2

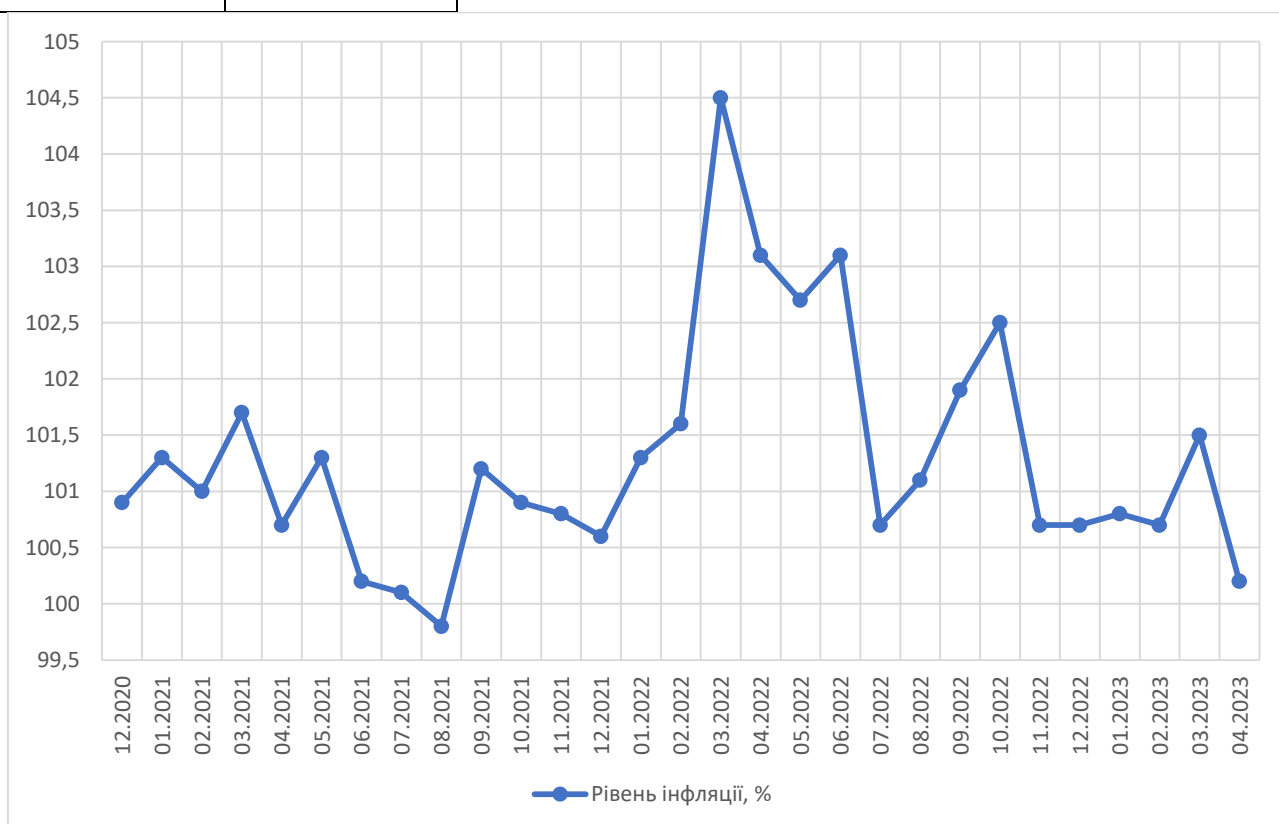


Рис. 2.5 Рівень інфляції з грудня 2020 по квітень 2023 рр.

З наведеного графіку чітко видно, що за перший місяць після початку війни індекс інфляції істотно зріс, та набув пікового значення за весь досліджуваний період. У липні 2022 р. ситуація стабілізувалася; інфляція досягла довоєнного рівня. За наступні 3 місяці, тобто з серпня по жовтень 2022 р., спостерігається повільне збільшення індексу інфляції, що найбільше відобразалося на цінах продуктів харчування. Проте, з листопада 2022 по лютий 2023 рр. інфляція залишалася в межах 100.7-100.8%, що свідчить про успішне адаптування економіки країни. У березні 2023 р. рівень інфляції знову зріс, хоча, якщо порівнювати із попереднім роком того місяця, то значення менше на 3%. Проте, за квітень 2023 р. інфляція істотно зменшилася, та досягла 100.2%; останній раз такий рівень інфляції був у червні 2021 р.

Результати перевірки ряду на наявність поворотних точок наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Поворотні точки часового ряду рівня інфляції

Місяць - рік	Поворотна точка
-1-	-2-
Грудень 2020	–
Січень 2021	пік
Лютий 2021	впадина
Березень 2021	пік
Квітень 2021	впадина
Травень 2021	пік
Червень 2021	–
Липень 2021	–
Серпень 2021	впадина
Вересень 2021	пік
Жовтень 2021	–
Листопад 2021	–
Грудень 2021	впадина
Січень 2022	–
Лютий 2022	–
Березень 2022	пік

Квітень 2022	–
Травень 2022	впадина
Червень 2022	пік
Липень 2022	впадина
Серпень 2022	–
Вересень 2022	–
Жовтень 2022	пік
Листопад 2022	–
Грудень 2022	–
Січень 2023	пік
Лютий 2023	впадина
Березень 2023	пік
Квітень 2023	–

Загальна кількість поворотних точок – 16. З попередніх розрахунків було визначено, що кількість поворотних точок повинна бути більше 13. Оскільки, нерівність буде виконуватися, то проведення процедури прогнозування є доцільним.

Зовнішній борг. Дані для даного показника оновлюються раз на два місяці, тому часовий ряд враховує попередні 28 місяців, і прогноз буде розраховуватися на квітень 2023 р. Часовий ряд взято зі сайту – [4], що представлений таблицею 2.5 й рисунком 2.6.

Таблиця 2.5

Величина зовнішнього боргу України з грудня 2020 по березень 2023 рр.

Місяць - рік	Значення, млрд. дол. США
-1-	-2-
Грудень 2020	44.51
Січень 2021	44.31
Лютий 2021	44.33
Березень 2021	43.43
Квітень 2021	45.12
Травень 2021	45.19
Червень 2021	45.03
Липень 2021	45.52
Серпень 2021	45.41
Вересень 2021	44.47

Жовтень 2021	45.02
Листопад 2021	45.68
Грудень 2021	47.66
Січень 2022	47.38
Лютий 2022	47.48
Березень 2022	50.37
Квітень 2022	49.91
Травень 2022	51.23
Червень 2022	52.8
Липень 2022	52.21
Серпень 2022	53.44
Вересень 2022	53.2
Жовтень 2022	57.8
Листопад 2022	61.48
Грудень 2022	63.59
Січень 2023	67.57
Лютий 2023	67.01
Березень 2023	71.11

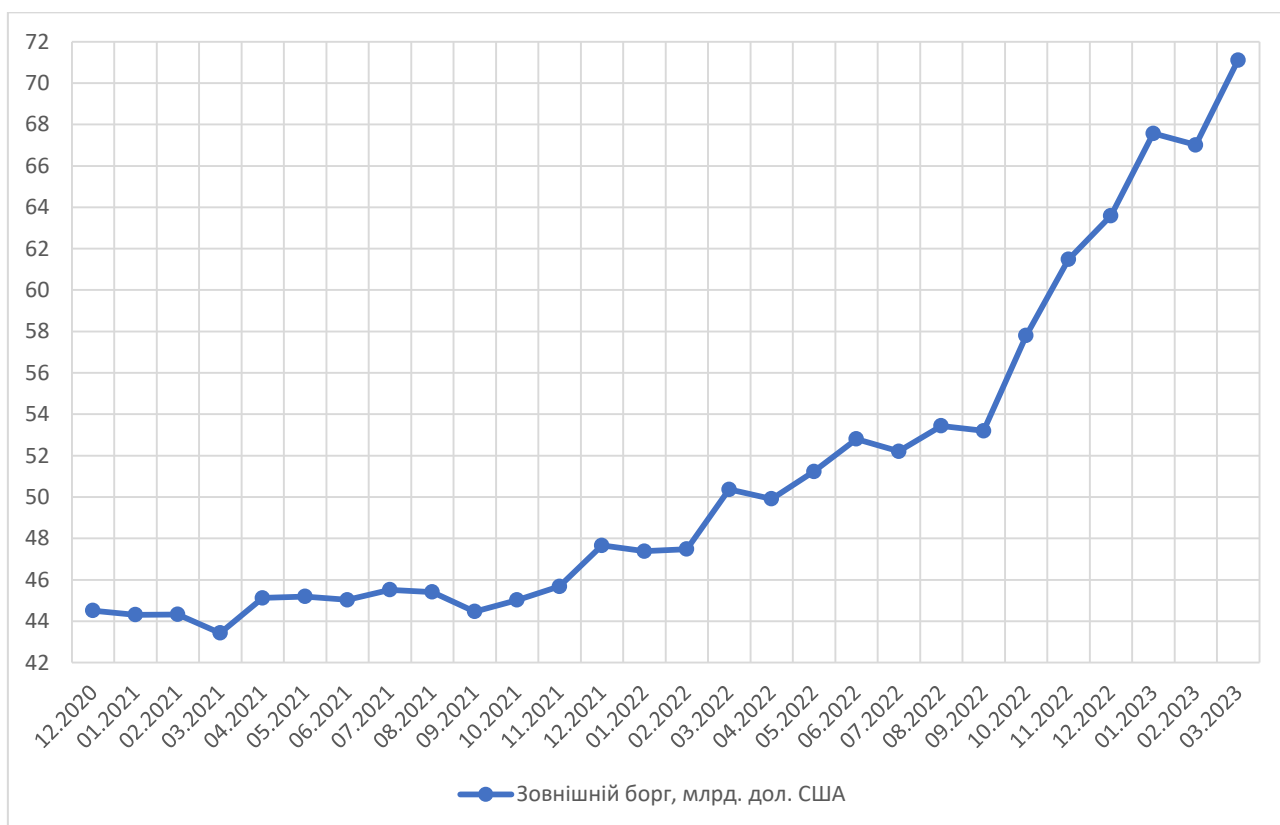


Рис. 2.6 Зовнішній борг з грудня 2020 по березень 2023 рр.

Проаналізувавши поданий графік, чітко спостерігається тенденція зросту зовнішнього боргу протягом досліджуваного періоду. Проте, можна побачити, що нетипова різка зміна відбулася після вересня 2022 р., коли зовнішній борг з кожним місяцем збільшується, та на даний момент досягає максимуму за весь час, що складає 71.11 млрд. дол. США. До причин такого стрімкого зросту можна віднести постійні, на той період, коливання рівня інфляції та зовнішні позики.

Результати перевірки ряду за методом поворотних точок наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Поворотні точки часового ряду зовнішнього боргу

Місяць - рік	Поворотна точка
-1-	-2-
Грудень 2020	–
Січень 2021	впадина
Лютий 2021	пік
Березень 2021	впадина
Квітень 2021	–

Продовження табл. 2.6

-1-	-2-
Травень 2021	пік
Червень 2021	впадина
Липень 2021	пік
Серпень 2021	–
Вересень 2021	впадина
Жовтень 2021	–
Листопад 2021	–
Грудень 2021	пік
Січень 2022	впадина
Лютий 2022	–
Березень 2022	пік
Квітень 2022	впадина
Травень 2022	–
Червень 2022	пік
Липень 2022	впадина
Серпень 2022	пік
Вересень 2022	впадина

Жовтень 2022	–
Листопад 2022	–
Грудень 2022	–
Січень 2023	пік
Лютий 2023	впадина
Березень 2023	–

Загальна кількість поворотних точок досягає 17. Використовуючи формулу (1.6), необхідно перевірити виконання нерівності:

$$17 > \left[\frac{2}{3} (28 - 2) - 1,96 \sqrt{\frac{16 * 28 - 29}{90}} \right] ?$$

$$17 > [13.1] ?$$

$$17 > 13$$

Оскільки нерівність виконується, то даний ряд можна використовувати для розрахунку прогнозу.

2.3 Прогнозування за допомогою методів згладжування

Розрахунок прогнозів методами згладжування буде виконуватися у середовищі Microsoft Excel.

2.3.1 Реалізація методу ковзного середнього

Перед початком прогнозування за методом ковзного середнього, необхідно обрати інтервал згладжування, при чому врахувати, що це має бути непарне число. Тому для того, щоб також мати можливість оцінити, який інтервал краще, розрахунки будуть проводитися для трьох інтервалів, а саме по 3, 5 та 7 місяців.

Золотовалютні резерви. Використовуючи формулу (1.7), наведено розрахунок трьох згладжених значень ряду при інтервалі згладжування 3:

$$\hat{y}_1 = \frac{1}{3} \sum_{i=1-1}^{1+1} y_i = \frac{1}{3} \sum_{i=0}^2 y_i - \text{розрахунок не виконується}$$

$$\hat{y}_2 = \frac{1}{3} \sum_{i=2-1}^{2+1} y_i = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y_i = \frac{1}{3} * (29132.89 + 28820.91 + 28543.18) = 28832.327,$$

$$\hat{y}_3 = \frac{1}{3} \sum_{i=3-1}^{3+1} y_i = \frac{1}{3} \sum_{i=2}^4 y_i = \frac{1}{3} * (28820.91 + 28543.18 + 27034.79) = 28132.96.$$

Аналогічно попереднім розрахункам, розраховується згладжений ряд при інтервалах 5 та 7. Результати обчислень для кожного інтервалу наведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Згладжені ряди показника золотовалютних резервів при різних інтервалах згладжування

Інтервал Місяць - рік	3 місяці	5 місяців	7 місяців
-1-	-2-	-3-	-4-
Грудень 2020	–	–	–
Січень 2021	28832.3267	–	–
Лютий 2021	28132.96	28306.366	–
Березень 2021	27859.3433	28047.834	28247.109

Продовження табл. 2.7

-1-	-2-	-3-	-4-
Квітень 2021	27625.0267	27955.192	28221.141
Травень 2021	28065.9967	28036.78	28620.164
Червень 2021	28383.0167	28952.636	28643.44
Липень 2021	29640.9633	29093.846	29017.654
Серпень 2021	29757.1	29456.658	29388.851
Вересень 2021	29991.49	29904.806	29831.811
Жовтень 2021	29652.9467	30302.772	29935.994
Листопад 2021	30397.8933	29797.354	29736.243
Грудень 2021	30208.79	29566.704	29235.297
Січень 2022	29193.5967	29257.336	28983.72
Лютий 2022	28249.0967	28526.662	28333.427
Березень 2022	27535.1267	27358.92	27219.671
Квітень 2022	26718.2533	26101.954	25997.621
Травень 2022	24949.82	25068.702	25476.446
Червень 2022	23430.33	24534.962	24959.207
Липень 2022	23542.5	23932.386	24550.483

Серпень 2022	23919.18	23961.214	24694.699
Вересень 2022	24872.44	24991.7	25179.301
Жовтень 2022	25711.05	26213.272	26197.31
Листопад 2022	27231.8067	27111.164	27123.459
Грудень 2022	28792.4167	28098.654	28044.599
Січень 2023	29097.4367	29426.724	29760.456
Лютий 2023	30228.1933	31024.446	–
Березень 2023	32233.1867	–	–
Квітень 2023	–	–	–

Розраховані ряді при різних інтервалах згладжування, зображено на рисунку 2.7. Очевидно, що ряд, отриманий при інтервалі 3, буде найбільше повторювати коливання фактичного ряду, що тільки доводить те, що було описано у підпункті 1.1.2.

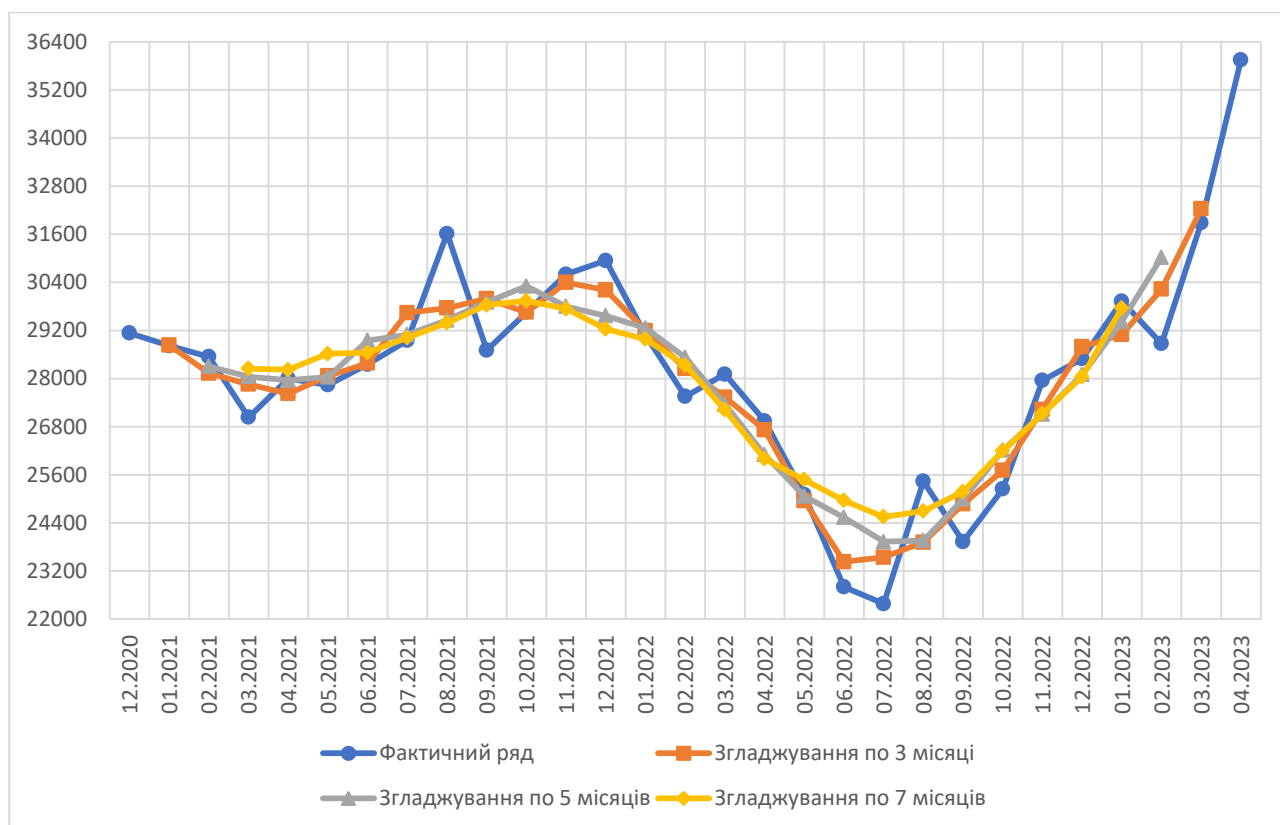


Рис. 2.7 Результати застосування методу ковзного середнього для часового ряду золотовалютних резервів

За графіком можна стверджувати, що згладжування з інтервалом по 3 місяці буде найкраще описувати оригінальний ряд, проте, слід також

розрахувати значення похибок за формулами (1.20) – (1.24). Для зручного порівняння, результати наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Значення похибок для прогнозних рядів золотовалютних резервів при різних інтервалах згладжування

Інтервал Показник	3 місяці	5 місяців	7 місяців
-1-	-2-	-3-	-4-
Коеф. Тейла	0.01396	0.019	0.0198
<i>MAD</i>	616.964691	874.25008	894.396211
<i>MAPE</i>	2.25059801	3.21765095	3.34989119
<i>MSE</i>	611054.308	1127373.44	1212142.52
<i>RMSE</i>	781.699628	1061.77843	1100.97344

З таблиці 2.8 видно, що по всіх представлених похибкам, найменші значення має ряд, який був розрахований з інтервалом згладжування по 3 періоди, тому прогнозне значення золотовалютних резервів на травень 2023 р. складає 32233.1867 млн. дол. США.

Інфляція. Аналогічно описаному вище алгоритму, процедура згладжування застосовується для часового ряду, що описує коливання рівня інфляції. Нижче подано розрахунок перших чотирьох значень прогнозного ряду при інтервалі згладжування 5:

$$\hat{y}_1 = \frac{1}{5} \sum_{i=1-2}^{1+2} y_i = \frac{1}{5} \sum_{i=-1}^3 y_i - \text{розрахунок не виконується}$$

$$\hat{y}_2 = \frac{1}{5} \sum_{i=2-2}^{2+2} y_i = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^4 y_i - \text{розрахунок не виконується}$$

$$\hat{y}_3 = \frac{1}{5} \sum_{i=3-2}^{3+2} y_i = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 y_i = \frac{1}{5} * (100.9 + 101.3 + 101 + 101.7 + 100.7) = 101.12,$$

$$\hat{y}_4 = \frac{1}{5} \sum_{i=4-2}^{4+2} y_i = \frac{1}{5} \sum_{i=2}^6 y_i = \frac{1}{5} * (101.3 + 101 + 101.7 + 100.7 + 101.3) = 101.2.$$

Згладжені ряди при інтервалах 3, 5 та 7 періодів подано у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Згладжені ряди показника рівня інфляції при різних інтервалах згладжування

Місяць - рік \ Інтервал	3 місяці	5 місяців	7 місяців
-1-	-2-	-3-	-4-
Грудень 2020	–	–	–
Січень 2021	101.067	–	–
Лютий 2021	101.33	101.12	–
Березень 2021	101.13	101.2	101.014
Квітень 2021	101.23	100.98	100.9
Травень 2021	100.73	100.8	100.686
Червень 2021	100.53	100.42	100.71
Липень 2021	100.033	100.52	100.6
Серпень 2021	100.367	100.44	100.61
Вересень 2021	100.63	100.56	100.51
Жовтень 2021	100.967	100.66	100.67
Листопад 2021	100.767	100.96	100.886
Грудень 2021	100.9	101.04	101.557

Продовження табл. 2.9

-1-	-2-	-3-	-4-
Січень 2022	101.167	101.76	101.83
Лютий 2022	102.467	102.22	102.086
Березень 2022	103.067	102.64	102.41
Квітень 2022	103.43	103	102.429
Травень 2022	102.967	102.82	102.4
Червень 2022	102.167	102.14	102.44
Липень 2022	101.63	101.9	102.157
Серпень 2022	101.23	101.86	101.814
Вересень 2022	101.83	101.38	101.5286
Жовтень 2022	101.7	101.38	101.2
Листопад 2022	101.3	101.32	101.2
Грудень 2022	100.73	101.08	101.257
Січень 2023	100.73	100.88	101.014
Лютий 2023	101	100.78	–
Березень 2023	100.8	–	–
Квітень 2023	–	–	–

Графічне порівняння отриманих рядів продемонстровано на рисунку 2.8, а в таблиці 2.10 наведено значення похибок за кожним рядом.

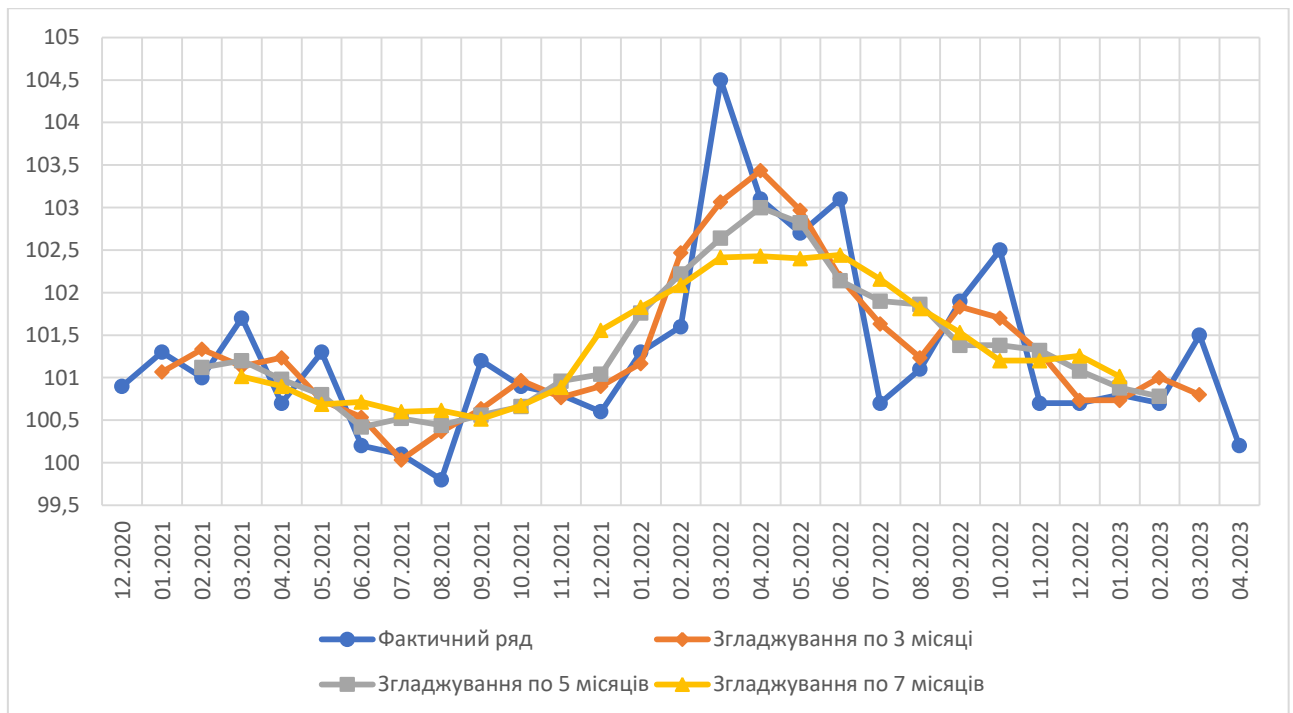


Рис. 2.8 Результати застосування методу ковзного середнього для часового ряду рівня інфляції

Таблиця 2.10

Значення похибок для прогнозних рядів рівня інфляції при різних інтервалах згладжування

Інтервал Показник	3 місяці	5 місяців	7 місяців
-1-	-2-	-3-	-4-
Коеф. Тейла	0.0027	0.00327	0.0039
<i>MAD</i>	0.4358	0.5216	0.65776
<i>MAPE</i>	0.4282	0.51265	0.64668
<i>MSE</i>	0.3074	0.43997	0.62682
<i>RMSE</i>	0.554	0.663	0.7917

Як і для минулого показника, найкращим є ряд, побудований при довжині інтервалу згладжування по 3 періоди. Проте, слід зазначити, усі ряди непогано описують оригінальний, так як, значення похибок вийшли досить малими.

У результаті прогнозування за методом простого ковзного середнього, за травень 2023 р. рівень інфляції виросте до 100.8%.

Зовнішній борг. Алгоритм дій залишається таким же, як і для попередніх показників. Отримані згладжені ряди подано у таблиці 2.11 для інтервалів

згладжування по 3, 5 та 7 місяців, а їх графічне представлення зображено на рисунку 2.9. Далі продемонстровано розрахунок перших п'яти значень згладженого ряду при довжині інтервалу 7:

$$\hat{y}_1 = \frac{1}{7} \sum_{i=1-3}^{1+3} y_i = \frac{1}{7} \sum_{i=-2}^4 y_i - \text{розрахунок не виконується}$$

$$\hat{y}_2 = \frac{1}{7} \sum_{i=2-3}^{2+3} y_i = \frac{1}{7} \sum_{i=-1}^5 y_i - \text{розрахунок не виконується}$$

$$\hat{y}_3 = \frac{1}{7} \sum_{i=3-3}^{3+3} y_i = \frac{1}{7} \sum_{i=0}^6 y_i - \text{розрахунок не виконується}$$

$$\hat{y}_4 = \frac{1}{7} \sum_{i=4-3}^{4+3} y_i = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 y_i = \frac{1}{7} * (44.51 + 44.31 + 44.33 + 43.43 + 45.12 + 45.19 + 45.03) = 44.56,$$

$$\hat{y}_5 = \frac{1}{7} \sum_{i=5-3}^{5+3} y_i = \frac{1}{7} \sum_{i=2}^8 y_i = \frac{1}{7} * (44.31 + 44.33 + 43.43 + 45.12 + 45.19 + 45.03 + 45.52) = 44.7.$$

Таблиця 2.11

Згладжені ряди показника зовнішнього боргу при різних інтервалах згладжування

Місяць - рік \ Інтервал	3 місяці	5 місяців	7 місяців
-1-	-2-	-3-	-4-
Грудень 2020	–	–	–
Січень 2021	44.383	–	–
Лютий 2021	44.023	44.34	–
Березень 2021	44.293	44.476	44.56
Квітень 2021	44.58	44.62	44.704
Травень 2021	45.113	44.858	44.861
Червень 2021	45.2467	45.254	44.881
Липень 2021	45.32	45.124	45.10857
Серпень 2021	45.13	45.09	45.18857
Вересень 2021	44.967	45.22	45.5414
Жовтень 2021	45.0567	45.648	45.87714
Листопад 2021	46.12	46.042	46.15714
Грудень 2021	46.9067	46.644	46.865714
Січень 2022	47.5067	47.714	47.642857
Лютий 2022	48.41	48.56	48.53
Березень 2022	49.253	49.274	49.5471

Квітень 2022	50.503	50.358	50.19714
Травень 2022	51.313	51.304	51.062857
Червень 2022	52.08	51.918	51.88
Липень 2022	52.8167	52.576	52.9414
Серпень 2022	52.95	53.89	54.594
Вересень 2022	54.813	55.626	56.36
Жовтень 2022	57.493	57.902	58.47
Листопад 2022	60.9567	60.728	60.5842857
Грудень 2022	64.213	63.49	63.10857
Січень 2023	66.0567	66.152	–
Лютий 2023	68.563	–	–
Березень 2023	–	–	–

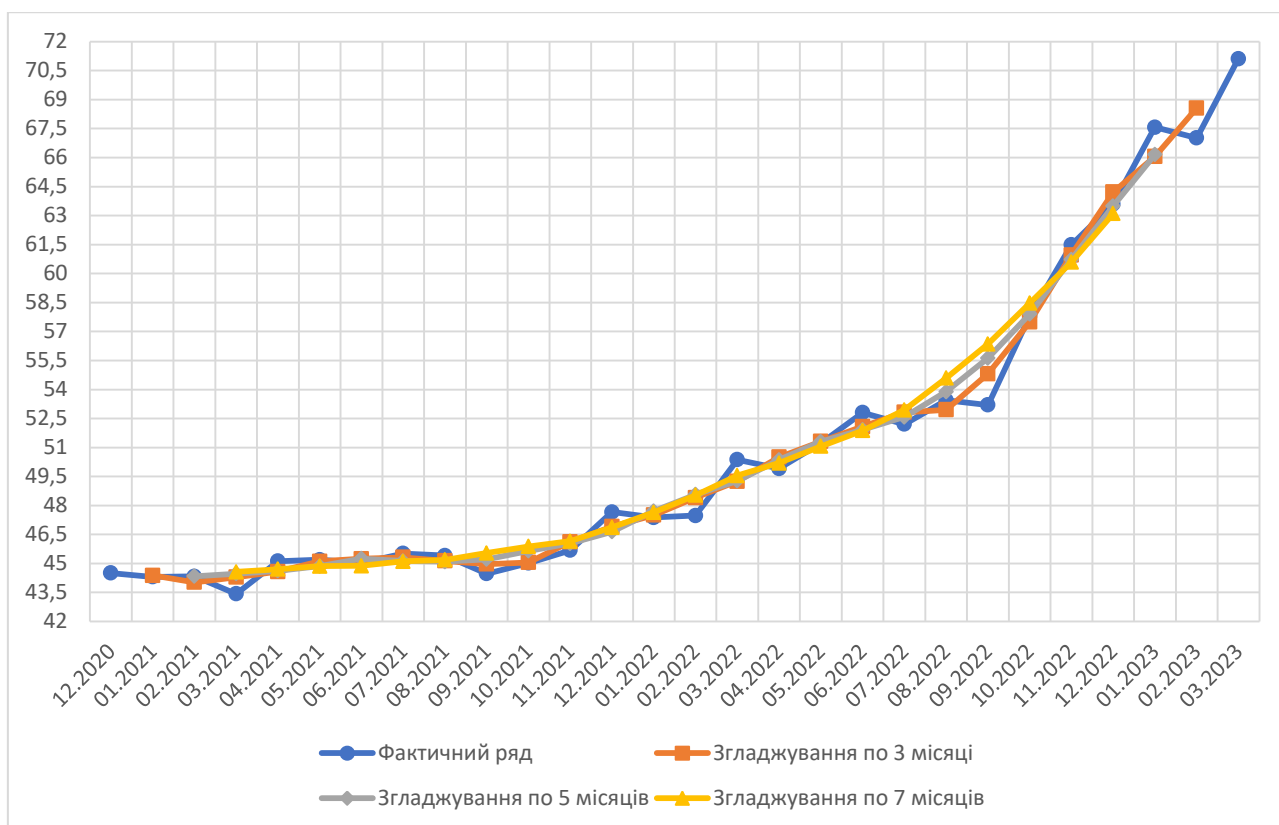


Рис. 2.9 Результати застосування методу ковзного середнього для часового ряду зовнішнього боргу

З наведеного графіку видно, що згладжені ряди майже не відрізняються один від одного, щоб обрати ряд, який найкраще описує оригінальний, слід додатково проаналізувати похибки, що подані у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Значення похибок для прогнозних рядів зовнішнього боргу при різних
інтервалах згладжування

Інтервал Показник	3 місяці	5 місяців	7 місяців
-1-	-2-	-3-	-4-
Коеф. Тейла	0.00717	0.0081	0.00967
<i>MAD</i>	0.58	0.63	0.748
<i>MAPE</i>	1.1028	1.249	1.496
<i>MSE</i>	0.5381	0.67	0.94
<i>RMSE</i>	0.73	0.82	0.97

Похибки, що подані у таблиці тільки підтверджують те, що було сказано раніше. Тому можна обрати будь-який із цих рядів, проте, для більшої впевненості, остаточний прогноз буде прийматися за рядом з інтервалом згладжування в 3 періоди. Звідси, за квітень 2023 р. розмір зовнішнього боргу зменшиться до 68.56 млрд. дол. США.

2.3.2 Реалізація методу експоненціального згладжування

На прогнозне значення, що отримане за допомогою методу експоненціального згладжування, впливає значення коефіцієнта α , тому для того, щоб отримати прогноз з більшою точністю, слід дослідити згладжені ряди, розраховані при різних коефіцієнтах згладжування. Розрахунки будуть проводитися при коефіцієнтах 0.1, 0.3, 0.6 та 0.8, а за значення \hat{y}_0 береться перше значення оригінального ряду.

Золотовалютні резерви. Використовуючи формулу (1.8) наведено розрахунок перших двох значень згладженого ряду при $\alpha = 0.1$:

$$\hat{y}_1 = 0.1y_1 + (1 - 0.1)\hat{y}_{1-1} = 0.1 * 29132.89 + 0.9 * 29132.89 = 29132.89,$$

$$\hat{y}_2 = 0.1y_2 + (1 - 0.1)\hat{y}_{2-1} = 0.1 * 28820.91 + 0.9 * 29132.89 = 29101.69.$$

У таблиці 2.13 наведені згладжені ряди при коефіцієнтах згладжування 0.1, 0.3, 0.6 та 0.8, а їх графічне порівняння проілюстровано на рисунку 2.10.

Таблиця 2.13

Згладжені ряди показника золотовалютних резервів при різних значеннях α

Коефіцієнт Місяць - рік	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Грудень 2020	29132.89	29132.89	29132.89	29132.89
Січень 2021	29101.692	29039.296	28945.702	28883.306
Лютий 2021	29045.8408	28890.4612	28704.1888	28611.2052
Березень 2021	28844.73572	28333.75984	27702.54952	27350.07304
Квітень 2021	28760.268	28233.6499	27881.0558	27870.0626
Травень 2021	28668.2643	28115.6239	27856.56	27846.1965
Червень 2021	28637.2079	28188.2467	28157.244	28255.3993
Липень 2021	28668.5991	28417.1087	28633.56965	28811.97586
Серпень 2021	28963.1462	29376.1971	30421.86986	31053.651
Вересень 2021	28937.4426	29175.17	29392.4139	29175.618
Жовтень 2021	29009.12732	29318.9	29549.5396	29558.5556

Продовження табл. 2.13

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Листопад 2021	29168.0586	29702.766677	30178.8798	30390.4631
Грудень 2021	29345.34773	30074.22167	30636.1219	30830.8526
Січень 2022	29319.511	29778.04917	29706.63677	29435.754525
Лютий 2022	29142.84586	29110.49242	28414.3707	27929.4389
Березень 2022	29039.3063	28809.57969	28230.218	28071.84778
Квітень 2022	28829.8826	28250.22679	27459.1293	27170.425556
Травень 2022	28457.11838	27305.83075	26044.9957	25515.8771
Червень 2022	27891.62154	25954.7265	24099.28829	23344.8954
Липень 2022	27341.11939	24884.28857	23071.6753	22578.259
Серпень 2022	27150.88245	25050.626997	24491.9201	24866.6518
Вересень 2022	26829.0132	24715.0959	24156.082	24119.082
Жовтень 2022	26670.7499	24874.4811	24810.26	25020.92047
Листопад 2022	26799.1329	25798.51	26696.8523	27367.84809
Грудень 2022	26968.6656	26607.29555	27775.4169	28269.1376
Січень 2023	27264.62	27603.5699	29067.09277	29596.39552
Лютий 2023	27425.122	27983.39	28948.6211	29014.9911
Березень 2023	27871.2828	29154.39	30711.4864	31312.38222
Квітень 2023	28678.47355	31191.03	33850.50858	35017.0284

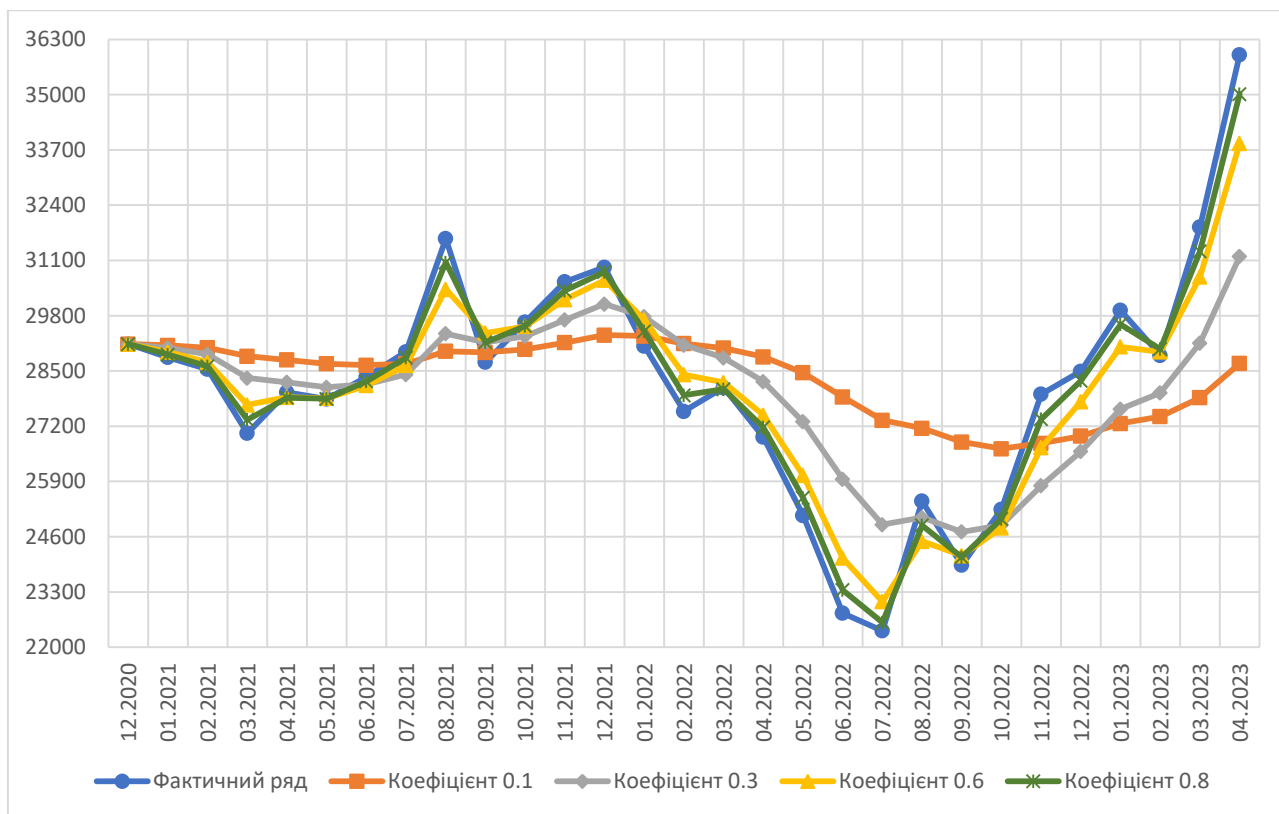


Рис. 2.10 Результати застосування методу експоненціального згладжування для часового ряду золотовалютних резервів

З графіка можна визначити, що ряд побудований з коефіцієнтом 0.8 найбільше схожий на оригінальний ряд, проте, при коефіцієнті 0.6 також непоганий результат. Значення похибок рядів занесені до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

Значення похибок для прогнозних рядів золотовалютних резервів при різних коефіцієнтах згладжування

Коефіцієнт Показник	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Коеф. Тейла	0.044	0.02956	0.0135	0.0063
<i>MAD</i>	1842.6881	1250.7998	591.34977	281.9
<i>MAPE</i>	6.67755	4.447667	2.0965	0.9976
<i>MSE</i>	6238702.396	2781969.798	586389.846	127538.037
<i>RMSE</i>	2497.739	1667.92	765.76	357.125

Дійсно, значення коефіцієнтів Тейла для рядів не суттєво відрізняються один від одного, проте, слід обрати ряд, де похибки найменші, у цьому випадку, для прогнозування залишається ряд, побудований при $\alpha = 0.8$. За цим рядом

прогнозне значення золотовалютних резервів на травень 2023 р. складає 35017.0284 млн. дол. США.

Інфляція. Як і для попереднього показника, використовуючи формулу (1.8) наведено розрахунок перших двох значень прогнозного ряду рівня інфляції при коефіцієнті згладжування 0.3:

$$\hat{y}_1 = 0.3y_1 + (1 - 0.3)\hat{y}_{1-1} = 0.3 * 100.9 + 0.7 * 100.9 = 100.9,$$

$$\hat{y}_2 = 0.3y_2 + (1 - 0.3)\hat{y}_{2-1} = 0.3 * 101.3 + 0.7 * 100.9 = 101.02.$$

Згладжені ряди при $\alpha = 0.1; 0.3; 0.6; 0.8$ можна побачити у таблиці 2.15, а ілюстрацію їх графіку на рисунку 2.11.

Таблиця 2.15

Згладжені ряди показника рівня інфляції при різних значеннях α

Коефіцієнт Місяць - рік	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Грудень 2020	100.9	100.9	100.9	100.9
Січень 2021	100.94	101.02	101.14	101.22

Продовження табл. 2.15

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Лютий 2021	100.946	101.014	101.056	101.044
Березень 2021	101.02	101.2198	101.4424	101.5688
Квітень 2021	100.989	101.06386	100.99696	100.87376
Травень 2021	101.02	101.1347	101.1788	101.21
Червень 2021	100.938	100.854	100.5915	100.4
Липень 2021	100.854	100.628	100.2966	100.16
Серпень 2021	100.749	100.3796	99.9986	99.87
Вересень 2021	100.794	100.6257	100.719	100.934
Жовтень 2021	100.8047	100.708	100.82778	100.9
Листопад 2021	100.8042	100.7356	100.81	100.821
Грудень 2021	100.7838	100.6949	100.684	100.644
Січень 2022	100.83543	100.876	101.05378	101.1689
Лютий 2022	100.91	101.0935	101.3815	101.51
Березень 2022	101.27	102.115	103.2526	103.9
Квітень 2022	101.4536	102.41	103.161	103.26
Травень 2022	101.578	102.49757	102.884	102.812
Червень 2022	101.73	102.6783	103.01	103.042
Липень 2022	101.627	102.0848	101.6255	101.168
Серпень 2022	101.574657	101.789	101.3102	101.1137

Вересень 2022	101.607	101.82256	101.66408	101.7427
Жовтень 2022	101.696	102.02579	102.1656	102.3485
Листопад 2022	101.5968	101.628	101.28625	101.0297
Грудень 2022	101.5071	101.3496	100.9345	100.7659
Січень 2023	101.4364	101.1847	100.8538	100.793
Лютий 2023	101.362785	101.0393	100.7615	100.7186
Березень 2023	101.3765	101.1775	101.2046	101.3437
Квітень 2023	101.2589	100.884	100.6018	100.4287

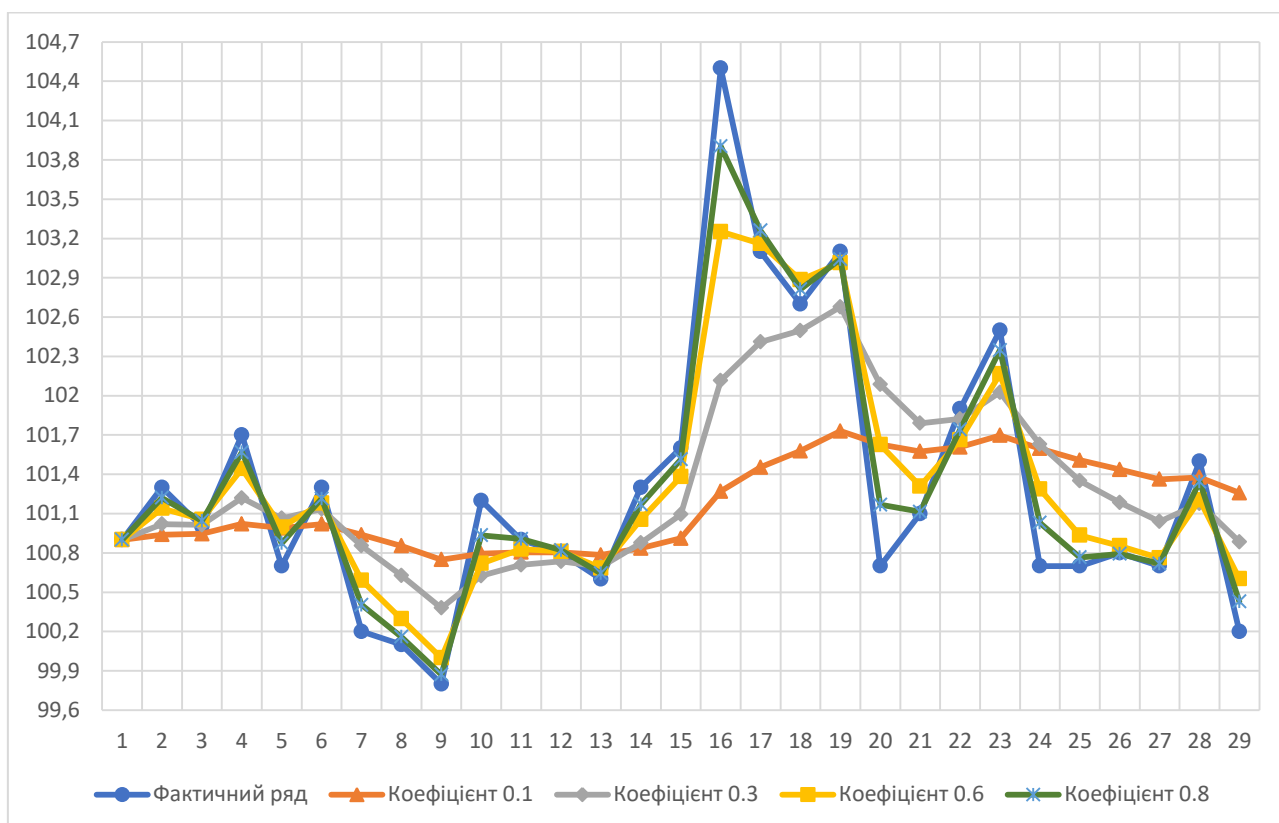


Рис. 2.11 Результати застосування методу експоненціального згладжування для часового ряду рівня інфляції

Із цим показником ситуація так ж сама, як і з попереднім. На графіку видно, що при коефіцієнті 0.8 прогнозний ряд найбільше співпадає з фактичним. Підтвердити це також можуть значення похибок, що представлені у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Значення похибок для прогнозних рядів рівня інфляції при різних коефіцієнтах згладжування

Коефіцієнт Показник	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Коеф. Тейла	0.0046	0.00336	0.00186	0.0009
<i>MAD</i>	0.68952	0.5018	0.26586	0.1355
<i>MAPE</i>	0.67685	0.493756	0.2617	0.1333
<i>MSE</i>	0.8687	0.4637855	0.1415	0.036779
<i>RMSE</i>	0.932	0.681	0.376	0.1917787

Знову можна побачити, що усі коефіцієнти дають дуже непоганий результат. Для даного показника слід також обрати ряд з коефіцієнтом згладжування 0.8, бо він має найменші похибки. За цим рядом, інфляція у травні 2023 р. складе приблизно 100.43%.

Зовнішній борг. Алгоритм залишається незмінним, тому у таблиці 2.17 наведені згладжені ряди для коефіцієнтів згладжування, що дорівнюють 0.1, 0.3, 0.6 та 0.8 відповідно, та для порівняння відображено графік на рисунку 2.12. Нижче наведено розрахунок перших двох значень ряду при $\alpha = 0.6$:

$$\hat{y}_1 = 0.6u_1 + (1 - 0.6)\hat{y}_{1-1} = 0.6 * 44.51 + 0.4 * 44.51 = 44.51,$$

$$\hat{y}_2 = 0.6u_2 + (1 - 0.6)\hat{y}_{2-1} = 0.6 * 44.31 + 0.4 * 44.51 = 44.39.$$

Таблиця 2.17

Згладжені ряди показника зовнішнього боргу при різних значеннях α

Коефіцієнт Місяць - рік	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Грудень 2020	44.51	44.51	44.51	44.51
Січень 2021	44.49	44.45	44.39	44.35
Лютий 2021	44.474	44.414	44.354	44.334
Березень 2021	44.3696	44.1188	43.7996	43.6108
Квітень 2021	44.44464	44.41916	44.59184	44.81816
Травень 2021	44.519	44.650412	44.95	45.115632
Червень 2021	44.57	44.764	44.998	45.047
Липень 2021	44.665	44.991	45.311	45.4254
Серпень 2021	44.7397	45.1167	45.3705	45.413
Вересень 2021	44.7127	44.92269	44.8302	44.6586
Жовтень 2021	44.74346	44.95188	44.944	44.94772
Листопад 2021	44.837118	45.1703186	45.38563	45.53354
Грудень 2021	45.1194	45.91722	46.750253	47.2347089

Січень 2022	45.345	46.356056	47.128101	47.35094
Лютий 2022	45.558919	46.693239	47.33924	47.454188
Березень 2022	46.040027	47.796267	49.157696	49.78683767
Квітень 2022	46.427	48.430387	49.609078	49.8853675
Травень 2022	46.9073	49.270271	50.581631	50.9610735
Червень 2022	47.4965898	50.3291897	51.91265	52.4322147
Липень 2022	47.96793	50.89343	52.09106	52.25444294
Серпень 2022	48.5151	51.6574	52.90042	53.20288859
Вересень 2022	48.98362	52.12018	53.08016976	53.2005777
Жовтень 2022	49.86526	53.824127	55.9120679	56.8801
Листопад 2022	51.026735	56.120889	59.252827	60.560023
Грудень 2022	52.28306	58.36162	61.85513	62.984

Продовження табл. 2.17

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Січень 2023	53.811756	61.1241357	65.284052	66.6528
Лютий 2023	55.13158	62.889895	66.31962	66.93856
Березень 2023	56.72942	65.3559265	69.193848	70.27571

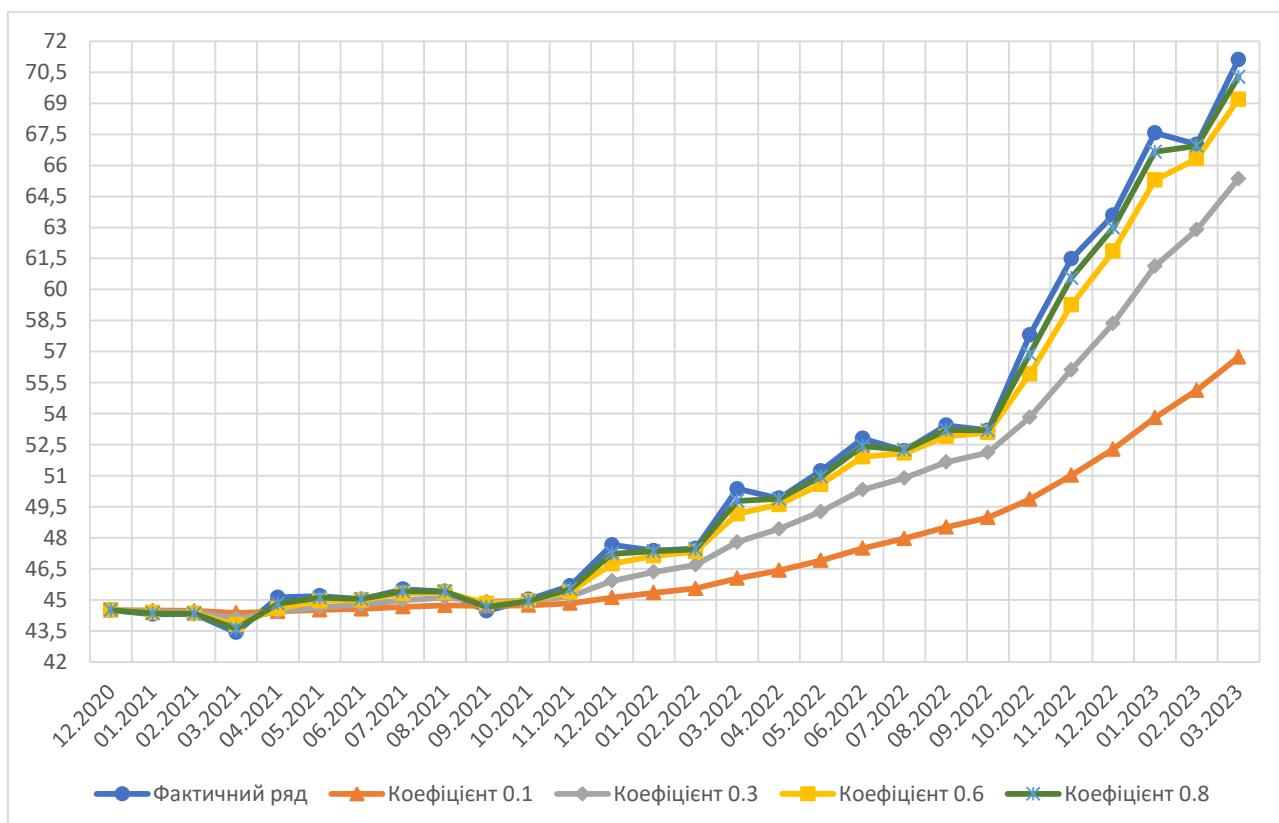


Рис. 2.12 Результати застосування методу експоненціального згладжування для часового ряду зовнішнього боргу

Результати для цього показника аналогічні попереднім, найкращим для прогнозування є ряд, побудований з коефіцієнтом згладжування 0.8. У таблиці 2.18 наведені отримані похибки.

Таблиця 2.18

Значення похибок для прогнозних рядів зовнішнього боргу при різних коефіцієнтах згладжування

Коефіцієнт Показник	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Коеф. Тейла	0.06	0,026	0.0093	0.0039
<i>MAD</i>	4.035	1.8346956	0.64726859	0.26424

Продовження табл. 2.18

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>MAPE</i>	6.895	3.1807	1.13947	0.4697
<i>MSE</i>	35.4767	6.972397	0.916242	0.164
<i>RMSE</i>	5.9562	2.6405	0.9572	0.405

З таблиці 2.18 видно, що малі значення похибок отримано для рядів з коефіцієнтами 0.6 та 0.8. Проте, використовуючи принцип мінімуму, для остаточного прогнозного значення буде використовуватися ряд з коефіцієнтом згладжування 0.8, тому у квітні 2023 р. очікується розмір зовнішнього боргу в 70.28 млрд. дол. США.

2.3.3 Реалізація методу адаптивного згладжування

За методом адаптивного згладжування, коефіцієнт згладжування α не залишається константою, його перерахунок відбувається за допомогою коефіцієнта β , що є сталою величиною, тому на відповідність згладженого ряду фактичному впливає значення β . Для порівняння та вибору найкращого значення, слід провести розрахунки при різних β , що дорівнюють, наприклад, 0.1, 0.3, 0.6 та 0.8, за умови, що $\hat{y}_0 = y_1$, $\alpha_1 = 1$, $\hat{e}_1 = \tilde{e}_1 = 0$.

Золотовалютні резерви. Загальні розрахунки будуть проводитися за формулою (1.12), а для визначення α використовуються формули (1.9) – (1.11) та (1.13). Розрахунок перших двох значень згладженого ряду при $\beta = 0.1$:

$$\hat{y}_1 = \alpha_1 y_1 + (1 - \alpha_1) \hat{y}_0 = 1 * 29132.89 + (1 - 1) * 29132.89 = 29132.89,$$

$$\hat{e}_2 = \beta(y_2 - \hat{y}_1) + (1 - \beta)\hat{e}_1 = 0.1 * (28820.91 - 29132.89) + (1 - 0.1) * 0 = -31.198,$$

$$\check{e}_2 = \beta|y_2 - \hat{y}_1| + (1 - \beta)\check{e}_1 = 0.1 * |28820.91 - 29132.89| + (1 - 0.1) * 0 = 31.198,$$

$$\alpha_2 = \left| \frac{\hat{e}_2}{\check{e}_2} \right| = \left| \frac{-31.198}{31.198} \right| = 1,$$

$$\hat{y}_2 = \alpha_2 y_2 + (1 - \alpha_2) \hat{y}_1 = 1 * 28820.91 + (1 - 1) * 29132.89 = 28820.91.$$

Розраховані ряди, за методом адаптивного згладжування, при коефіцієнтах β , рівних 0.1, 0.3, 0.6 та 0.8, занесені до таблиці 2.19, а їх графічне представлення проілюстровано на рисунку 2.13.

Таблиця 2.19

Згладжені ряди показника золотовалютних резервів при різних значеннях β

Коефіцієнт Місяць - рік	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Грудень 2020	29132.89	29132.89	29132.89	29132.89
Січень 2021	28820.91	28820.91	28820.91	28820.91
Лютий 2021	28543.18	28543.18	28543.18	28543.18
Березень 2021	27034.79	27034.79	27034.79	27034.79
Квітень 2021	27328.5834	27177.04986	27210.6459	27524.7446
Травень 2021	27370.8437	27303.774	27578.04596	27770.623
Червень 2021	27574.65	27847.1115	28228.83056	28336.588
Липень 2021	28178.6387	28616.8835	28901.3084	28947.01298
Серпень 2021	30549.9324	31244.4151	31585.1634	31613.1151
Вересень 2021	29934.37389	31008.3431	30472.04319	29650.0976
Жовтень 2021	29853.7067	30776.99968	29990.6669	29652.88645
Листопад 2021	30117.0711	30740.05215	29999.4674	30395.8021
Грудень 2021	30462.61776	30765.777	30565.3431	30907.6816
Січень 2022	30195.76	29909.3	29796.38997	29359.71868
Лютий 2022	29909.4965	28167.236	27847.263546	27601.3781
Березень 2022	29455.6945	28122.7777	27988.706	27642.873
Квітень 2022	28448.8086	27150.5915	27118.59769	27106.167

Гравень 2022	26649.5813	25301.5581	25184.60696	25139.86737
Червень 2022	24179.7752	22939.46538	22832.2974	22809.0534
Липень 2022	22961.5096	22413.300365	22390.8635	22387.308237
Серпень 2022	24068.9621	22422.94777	24265.788	25071.688
Вересень 2022	24007.18156	22807.6184	24157.9989	24709.7281
Жовтень 2022	24426.42856	24106.2445	24948.69348	24963.528997
Листопад 2022	24684.567	26976.7408	27793.83326	27865.616
Грудень 2022	25191.0887	28187.709	28468.9506	28485.06996
Січень 2023	26682.1821	29664.73529	29908.25013	29925.0003
Лютий 2023	27516.32796	29196.889	29846.9599	29382.3941
Березень 2023	29662.5323	31227.8476	31283.99368	31506.752
Квітень 2023	33452.3518	35369.655665	35674.1387	35868.146797

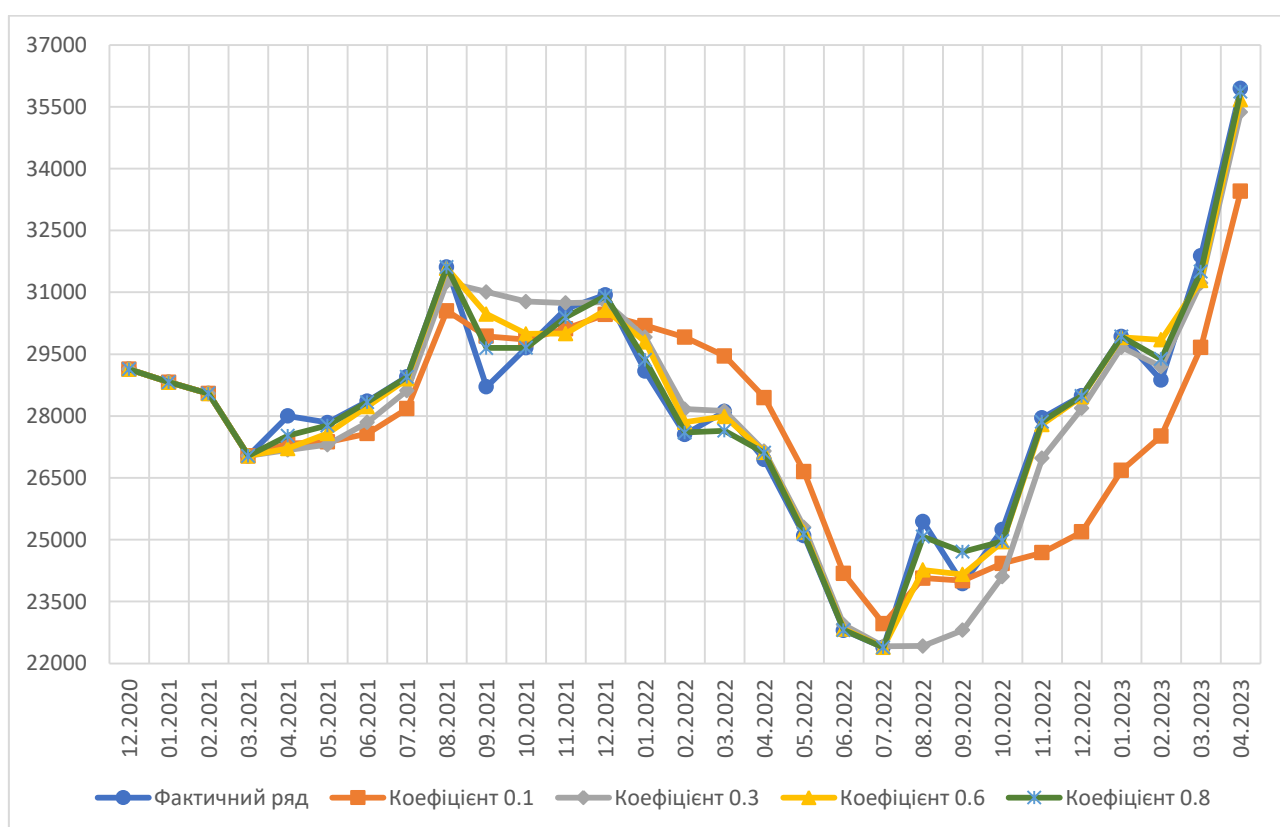


Рис. 2.13 Результати застосування методу адаптивного згладжування для часового ряду золотовалютних резервів

На графіку можна побачити, що ряд при $\beta = 0.1$, має багато розбіжностей з фактичним, тому його не слід використовувати для прогнозу. Ряд при $\beta = 0.3$ має трохи більшу подібність з фактичним, проте, також спостерігаються

розбіжності. Ряд при $\beta = 0.6$ та $\beta = 0.8$ найбільше відтворюють фактичний ряд, тому їх можна використати для прогнозу. Додатково слід проаналізувати таблицю 2.20, що містить значення похибок згладжених рядів.

Таблиця 2.20

Значення похибок для прогнозних рядів золотовалютних резервів при різних коефіцієнтах β

Коефіцієнт Показник	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Коеф. Тейла	0.02726	0.0157	0.00928	0.0054
<i>MAD</i>	1176.4717	576.717	327.61	180.736
<i>MARE</i>	4.1428	2.087	1.15444	0.655
<i>MSE</i>	2351246.6935	789331.443	276496.027	93957.026

Продовження табл. 2.20

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>RMSE</i>	1533.37754	888.443269	525.828895	306.5241

Розраховані похибки підтверджують припущення, зроблене на основі графіку, дійсно ряди при $\beta = 0.6$ та $\beta = 0.8$ мають досить малі коефіцієнти Тейла, та маленькі середні абсолютні відхилення у відсотках. Проте, враховуючи, що корінь середньоквадратичного відхилення при $\beta = 0.8$ набагато менший, то саме цей ряд буде використаний для прогнозу. Звідси, прогнозне значення золотовалютних резервів у травні 2023 р. складе 35868.148 млн. дол. США.

Інфляція. Приклад розрахунку перших двох значень згладженого ряду при $\beta = 0.3$ наведено нижче. Розраховані ряди при $\beta = 0.1; 0.3; 0.6; 0.8$ можна побачити у таблиці 2.21, а на рисунку 2.14 зображено їх графічне порівняння.

$$\hat{y}_1 = \alpha_1 y_1 + (1 - \alpha_1) \hat{y}_0 = 1 * 100.9 + (1 - 1) * 100.9 = 100.9,$$

$$\hat{e}_2 = \beta(y_2 - \hat{y}_1) + (1 - \beta)\hat{e}_1 = 0.3 * (101.3 - 100.9) + (1 - 0.3) * 0 = 0.12,$$

$$\bar{e}_2 = \beta|y_2 - \hat{y}_1| + (1 - \beta)\bar{e}_1 = 0.3 * |101.3 - 100.9| + (1 - 0.3) * 0 = 0.12,$$

$$\alpha_2 = \left| \frac{\hat{e}_2}{\bar{e}_2} \right| = \left| \frac{0.12}{0.12} \right| = 1,$$

$$\hat{y}_2 = \alpha_2 y_2 + (1 - \alpha_2) \hat{y}_1 = 1 * 101.3 + (1 - 1) * 100.9 = 101.3.$$

Таблиця 2.21

Згладжені ряди показника рівня інфляції при різних значеннях β

Коефіцієнт Місяць - рік	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Грудень 2020	100.9	100.9	100.9	100.9
Січень 2021	101.3	101.3	101.3	101.3
Лютий 2021	101.2727	101.28966	101.208696	101.1263
Березень 2021	101.474	101.48888	101.52539	101.594
Квітень 2021	101.3182	101.192286	101.0347	100.9059
Травень 2021	101.314377	101.2177	101.03651	101.061523
Червень 2021	100.68781	100.52778	100.411998	100.34667
Липень 2021	100.30405	100.20226	100.14657	100.1186
Серпень 2021	99.94615	99.871429	99.82416	99.8052

Продовження табл. 2.21

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Вересень 2021	100.16564	100.10618	100.77776	101.04737
Жовтень 2021	100.183054	100.454789	100.86839	101.00889
Листопад 2021	100.2798	100.63839	100.839174	100.8784
Грудень 2021	100.3497	100.619479	100.73243	100.618397
Січень 2022	100.7011	101.0905	101.122742	101.1810975
Лютий 2022	101.12941	101.489587	101.543716	101.5807
Березень 2022	103.465	104.3135	104.4672	104.494968
Квітень 2022	103.24139	103.860586	104.42809	103.944796
Травень 2022	102.97294	103.8399	103.34153	102.8834389
Червень 2022	103.0371	103.677	103.1737	102.9088
Липень 2022	102.8232	101.763228	100.83618	100.791787
Серпень 2022	102.63527	101.302014	100.99345	100.8461
Вересень 2022	102.50258	101.55633	101.33049	101.741616
Жовтень 2022	102.5021	101.6022378	102.2514	102.47246
Листопад 2022	101.8883	101.3307	101.5681	101.05292
Грудень 2022	101.385597	101.048569	100.9477	100.73709
Січень 2023	101.1161959	100.9228886	100.834879	100.7580799
Лютий 2023	100.9139	100.797078	100.72285	100.7163
Березень 2023	101.13772	100.81001	101.21938	101.4663
Квітень 2023	100.71539	100.617938	100.659938	100.479155

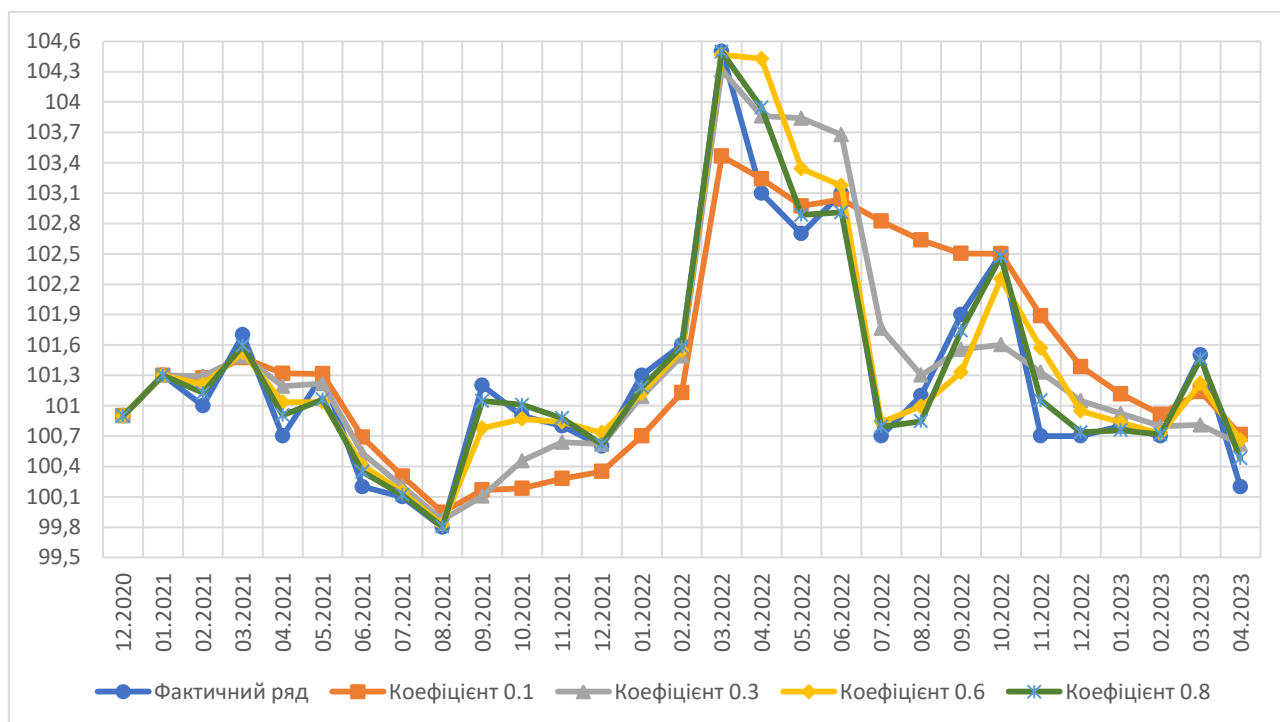


Рис. 2.14 Результати застосування методу адаптивного згладжування для часового ряду рівня інфляції

Проаналізувавши графік, можна зробити висновок, що ряд при $\beta = 0.8$ найбільше повторює коливання фактичного, теж саме впливає із таблиці 2.22.

Таблиця 2.22

Значення похибок для прогнозних рядів рівня інфляції при різних коефіцієнтах

β

Коефіцієнт Показник	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Коеф. Тейла	0.0034	0.0025	0.00189	0.00104
<i>MAD</i>	0.50405	0.382575	0.247389	0.13313
<i>MAPE</i>	0.498	0.3767	0.243	0.131
<i>MSE</i>	0.48719	0.259	0.14624	0.0446
<i>RMSE</i>	0.69799	0.509	0.382419	0.2112468

Із таблиці похибок, видно саме при коефіцієнті 0.8 досягається найбільша відповідність між згладженим та фактичним рядами, тому отриманий ряд буде використовуватися для прогнозування. Таким чином, за прогнозом, рівень інфляції у травні 2023 р. складе 100.48%.

Зовнішній борг. За наведеною вище процедурою продемонстровано розрахунок перших двох значень прогнозного ряду при коефіцієнті 0.6:

$$\hat{y}_1 = \alpha_1 y_1 + (1 - \alpha_1) \hat{y}_0 = 1 * 44.51 + (1 - 1) * 44.51 = 44.51,$$

$$\hat{e}_2 = \beta(y_2 - \hat{y}_1) + (1 - \beta)\hat{e}_1 = 0.6 * (44.31 - 44.51) + (1 - 0.6) * 0 = -0.12,$$

$$\tilde{e}_2 = \beta|y_2 - \hat{y}_1| + (1 - \beta)\tilde{e}_1 = 0.6 * |44.31 - 44.51| + (1 - 0.6) * 0 = 0.12,$$

$$\alpha_2 = \left| \frac{\hat{e}_2}{\tilde{e}_2} \right| = \left| \frac{-0.12}{0.12} \right| = 1,$$

$$\hat{y}_2 = \alpha_2 y_2 + (1 - \alpha_2) \hat{y}_1 = 1 * 44.31 + (1 - 1) * 44.51 = 44.31.$$

Загальні результати розрахунків занесені до таблиці 2.23 відповідно до значень коефіцієнтів, а на рисунку 2.15 продемонстровано графік кожного ряду.

Таблиця 2.23

Згладжені ряди показника зовнішнього боргу при різних значеннях β

Коефіцієнт Місяць - рік	0.1	0.3	0.6	0.8
----------------------------	-----	-----	-----	-----

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Грудень 2020	44.51	44.51	44.51	44.51

Продовження табл. 2.23

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Січень 2021	44.31	44.31	44.31	44.31
Лютий 2021	44.326	44.325	44.322	44.31667
Березень 2021	43.45998	43.454886	43.445313	43.437893
Квітень 2021	43.9172	44.143279	44.5153912	44.79668
Травень 2021	44.5904	44.8135376	45.0564516	45.153234
Червень 2021	44.847432	44.9601324	45.037257	45.146283
Липень 2021	45.28745	45.388954	45.4748635	45.4745637
Серпень 2021	45.369	45.4051455	45.4384838	45.46992485
Вересень 2021	45.08653	45.330339	44.6646214	44.5012919
Жовтень 2021	45.067116	45.25258	44.664662	44.7297267
Листопад 2021	45.31045	45.2883	45.4367087	45.6096238
Грудень 2021	46.79242	46.96314	47.556804	47.64534
Січень 2022	47.18413	47.275364	47.43592	47.5769827
Лютий 2022	47.38646	47.4333968	47.4671638	47.5528512
Березень 2022	49.77227	50.139449	50.30984	50.31086
Квітень 2022	49.882916	49.95806	50.1100709	50.24493497
Травень 2022	51.0093276	51.056962	51.022213	51.0941186
Червень 2022	52.564689	52.6593756	52.705679	52.77140536
Липень 2022	52.28426	52.35868	52.5570057	52.6652776
Серпень 2022	53.229779	53.192938	53.1907426	53.25861
Вересень 2022	53.205619	53.198391	53.197427	53.2378
Жовтень 2022	57.27189	57.515089	57.736489	57.767875
Листопад 2022	61.13394	61.3505489	61.462384	61.474797
Грудень 2022	63.4194899	63.53707	63.5848295	63.5890967
Січень 2023	67.3470676	67.5142683	67.567033	67.5697746
Лютий 2023	67.04123	67.08613789	67.22769	67.4341386
Березень 2023	70.812759	70.770065	70.765136	70.90274

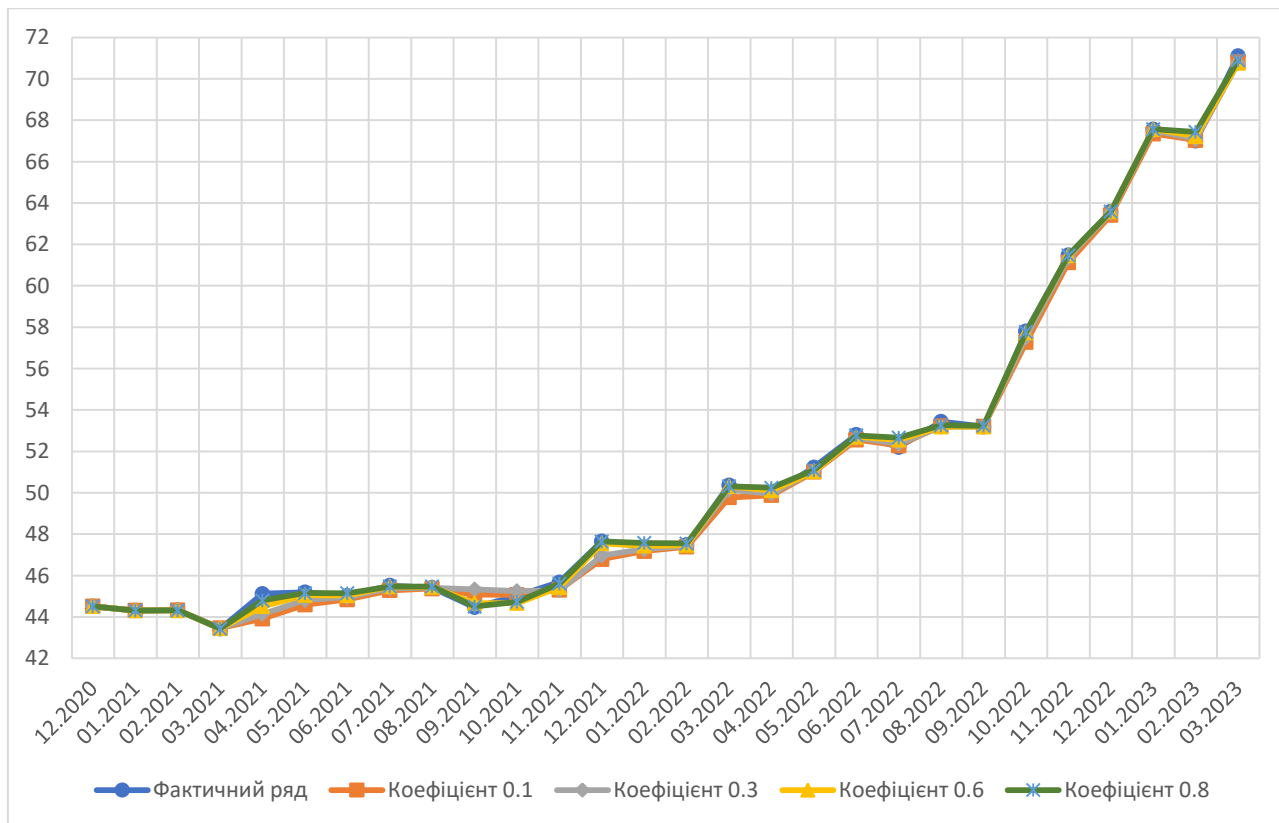


Рис. 2.15 Результати застосування методу адаптивного згладжування для часового ряду рівня інфляції

З відображеного графіку видно, що усі ряди мають мало розбіжностей із фактичним, тому, щоб обрати кращий, необхідно проаналізувати таблицю 2.24, що містить значення похибок.

Таблиця 2.24

Значення похибок для прогнозних рядів зовнішнього боргу при різних коефіцієнтах β

Коефіцієнт Показник	0.1	0.3	0.6	0.8
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Коеф. Тейла	0.00379	0.00315	0.00189	0.00169
<i>MAD</i>	0.266	0.2089	0.1293	0.113653
<i>MAPE</i>	0.536	0.42782	0.25676	0.22
<i>MSE</i>	0.153335	0.10636966	0.038315	0.0307
<i>RMSE</i>	0.39158	0.3261436	0.195743	0.175286

Для кожного згладженого ряду отримано досить малі похибки, а також майже рівні нулю коефіцієнти Тейла, тому можна використати будь-який ряд

для прогнозу. Проте, для більшої точності буде використовуватися ряд при $\beta = 0.8$. За цим рядом, прогнозна величина зовнішнього боргу України у квітні 2023 р. складе 70.9 млрд. дол. США.

2.4 Прогнозування на основі ARIMA-моделі у середовищі Python

Побудова та робота з ARIMA-моделлю буде здійснюватися за допомогою вбудованих бібліотек Python, таких як: statsmodels (для проведення ADF-тесту, побудови корелограм автокореляційних та частково автокореляційних функцій, розрахунку значень ряду за параметрами ARIMA-моделі), pmdarima (для автоматичного визначення коефіцієнтів моделі), matplotlib (для виведення графіків), tabulate (для зображення інформації у вигляді таблиці в консолі). Програмний код, розроблений для побудови моделі, знаходиться у Додатку Г.

Перед початком визначення параметрів моделі, необхідно перевірити ряд на стаціонарність за допомогою розширеного тесту Діккі-Фуллера. Стаціонарність буде підтверджуватися за умови, що отримане значення p-value менше за 0.1.

Золотовалютні резерви. Провівши ADF-тест, отримано результат, що наведений на рисунку 2.16.

Differencing	ADF Statistic	p-value	Critical value: 1%	Critical value: 5%	Critical value: 10%
0	-2.66175	0.0808947	-3.75293	-2.9985	-2.63897

Рис. 2.16 Результати проведення ADF-тесту для часового ряду золотовалютних резервів

З поданого рисунку видно, що даний часовий ряд не потребує диференціювання, адже при першому тесті отримано p-value, який менше за 0.1, також абсолютне значення t -статистики більше за абсолютну величину критичного значення при 10% рівня значущості, тому параметр d дорівнює 0. Для визначення p та q необхідно дослідити корелограми автокореляційних та частково автокореляційних функцій, що зображені на рисунках 2.17 та 2.18 відповідно.

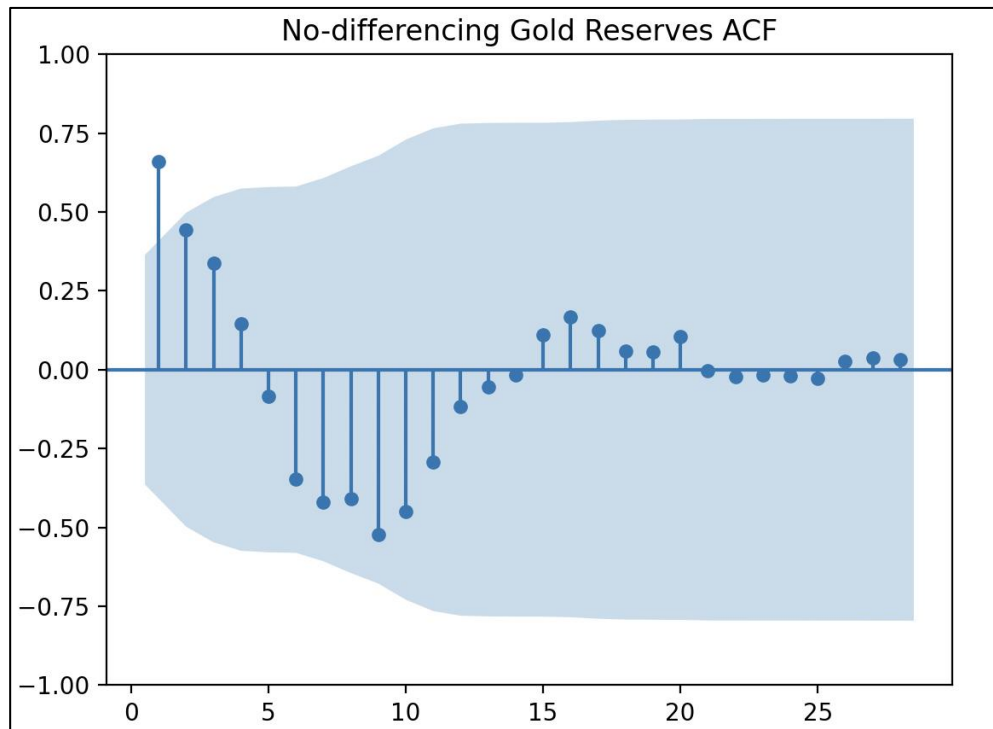


Рис. 2.17 Корелогорама автокореляційної функції часового ряду золотовалютних резервів

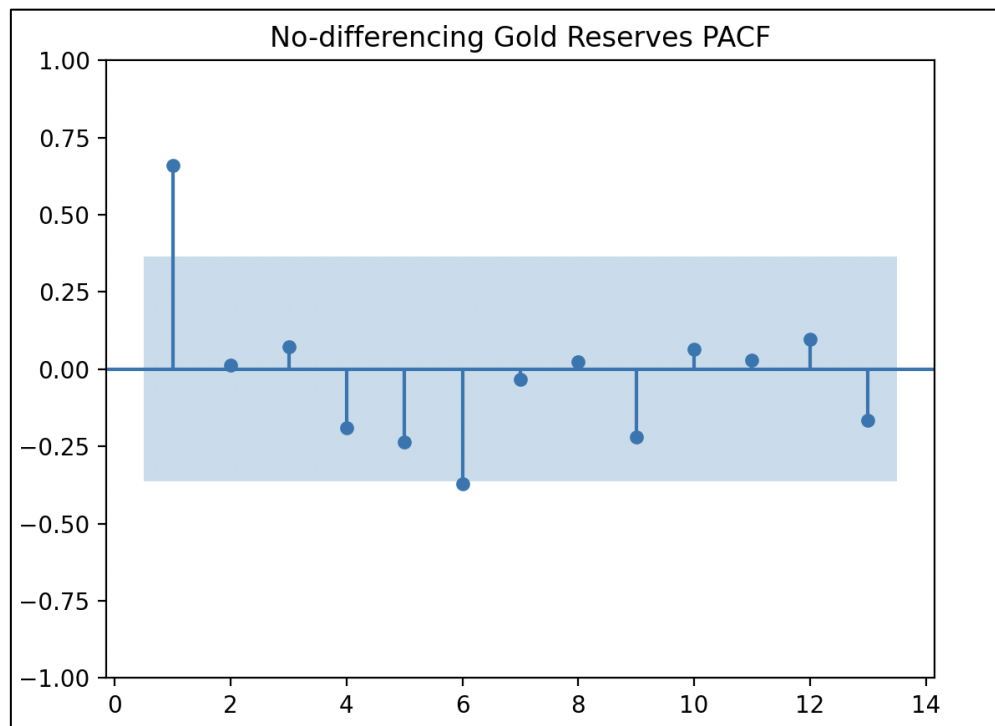


Рис. 2.18 Корелогорама частково автокореляційної функції часового ряду золотовалютних резервів

Оскільки, на рисунку 2.17 видно, що відбувається повільне затухання графіку автокореляційної функції, а на 2.18 – різке, то така поведінка описує

авторегресійний процес, тому параметр p буде дорівнювати останньому ненульовому лагу, тобто 1, а $q = 0$. Таким чином, ARIMA-модель, що описує даний часовий ряд має вигляд – ARIMA(1,0,0).

Проте, щоб переконатися у правильності вибору моделі, слід викликати функцію Python, що автоматично визначить найкращі параметри. Результати розрахунків наведено на рисунку 2.19.

```

Performing stepwise search to minimize aic
ARIMA(2,0,2)(0,0,0)[0] : AIC=531.819, Time=0.10 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[0] : AIC=678.907, Time=0.00 sec
ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.01 sec
ARIMA(0,0,1)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.01 sec
ARIMA(1,0,2)(0,0,0)[0] : AIC=529.677, Time=0.05 sec
ARIMA(0,0,2)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.04 sec
ARIMA(1,0,1)(0,0,0)[0] : AIC=527.729, Time=0.01 sec
ARIMA(2,0,1)(0,0,0)[0] : AIC=529.656, Time=0.02 sec
ARIMA(2,0,0)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.02 sec
ARIMA(1,0,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=523.760, Time=0.01 sec
ARIMA(0,0,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=530.978, Time=0.01 sec
ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=522.035, Time=0.00 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=545.419, Time=0.00 sec
ARIMA(2,0,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=523.512, Time=0.01 sec
ARIMA(2,0,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=522.172, Time=0.03 sec

Best model: ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[0] intercept
Total fit time: 0.313 seconds

```

Рис. 2.19 Автоматичний розрахунок коефіцієнтів ARIMA-моделі для часового ряду золотовалютних резервів

Дійсно, результати, що були отримані за допомогою автоматичного та механічного розрахунків, співпадають, тому для прогнозування буде використовуватися одна модель – ARIMA(1,0,0). Графічне порівняння фактичного та прогнозного рядів зображено на рисунку 2.20, а значення похибок занесено до таблиці 2.25.

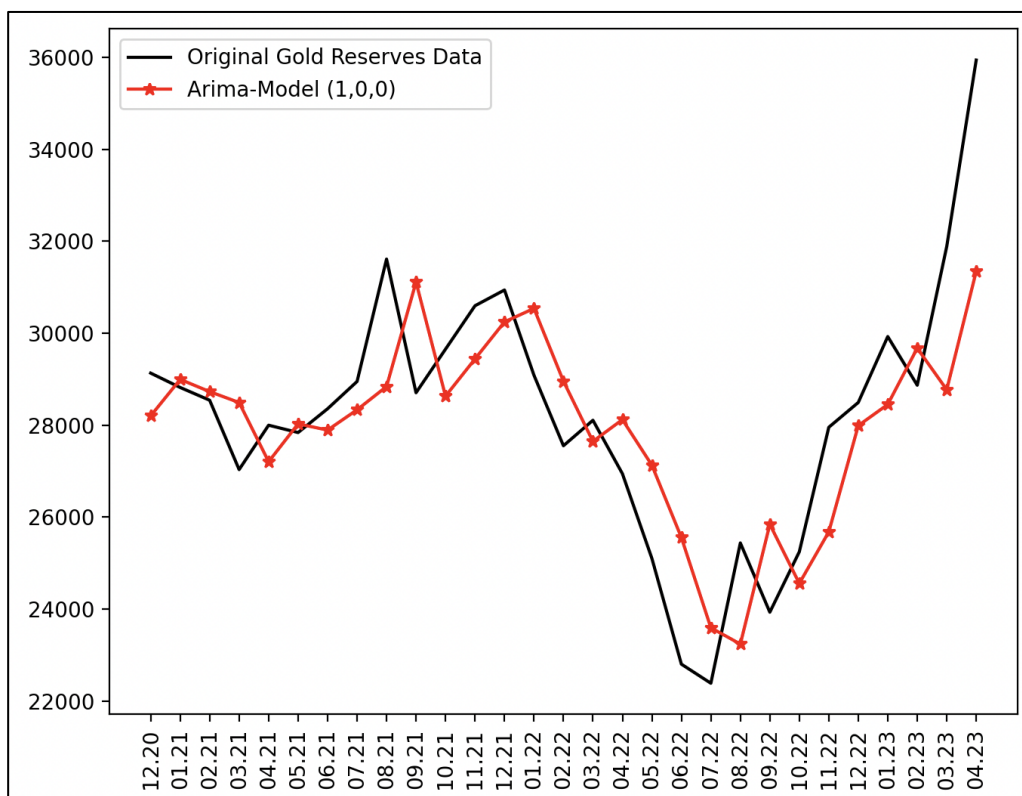


Рис. 2.20 Результат застосування ARIMA-моделі для часового ряду золотовалютних резервів

Таблиця 2.25

Значення похибок для прогнозного ряду золотовалютних резервів за ARIMA-моделлю

Показник \ Модель	(1, 0, 0)
-1-	-2-
Коеф. Тейла	0.03
<i>MAD</i>	1411.108
<i>MAPE</i>	4.998
<i>MSE</i>	3019153.41
<i>RMSE</i>	1737.57112

У таблиці 2.25 значення коефіцієнта Тейла досить мале, також відносна похибка складає приблизно 5%, тому, загалом, дану модель можна вважати прийнятною. Хоча, для остаточного прогнозу слід порівняти моделі, що були отримані іншими методами.

За даною ARIMA-моделлю, величина золотовалютних резервів у травні 2023 р. складе 34808.91 млн. дол. США.

Інфляція. Для визначення величини параметра d , необхідно виконати ADF-тест, щоб перевірити стаціонарність ряду. Рисунком 2.21 відображено результати тесту.

Differencing	ADF Statistic	p-value	Critical value: 1%	Critical value: 5%	Critical value: 10%
0	-2.82586	0.0546732	-3.68893	-2.97199	-2.6253

Рис. 2.21 Результати проведення ADF-тесту для часового ряду рівня інфляції

За результатами тесту, часовий ряд є стаціонарним, тому подальше диференціювання не потрібне, таким чином, $d = 0$. Щодо p та q , то для їх визначення підготовлені корелограми автокореляційної та частково автокореляційної функцій, що зображені на рисунках 2.22 та 2.23 відповідно.

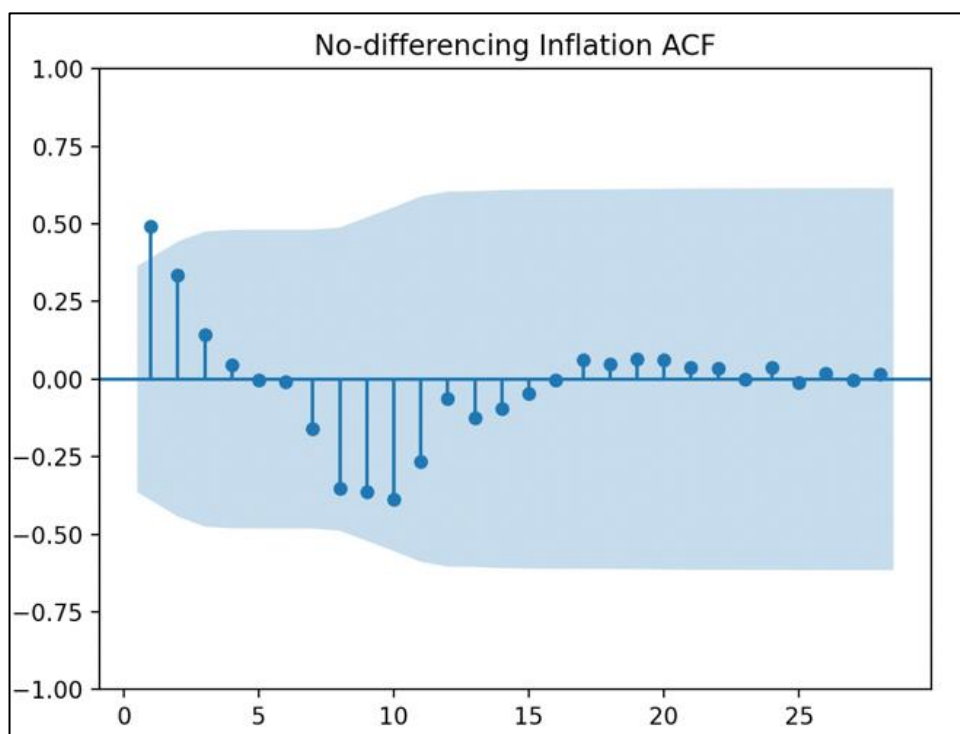


Рис. 2.22 Корелограма автокореляційної функції часового ряду рівня інфляції

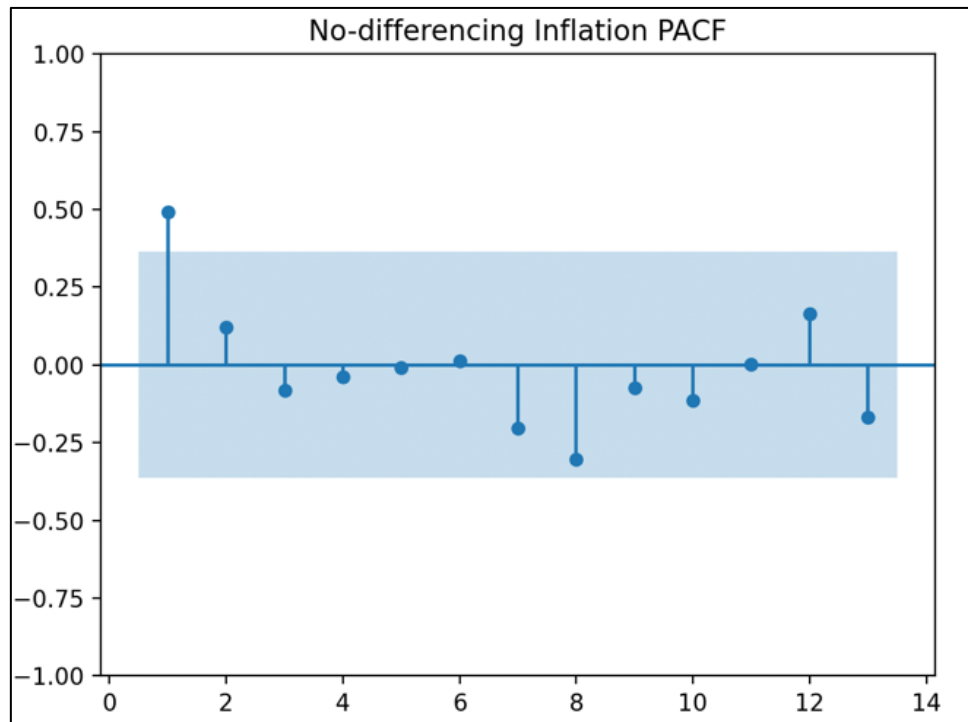


Рис. 2.23 Корелограма частково автокореляційної функції часового ряду рівня інфляції

Поведінка графіків функцій така ж сама, яка і була при попередньому часовому ряді, тобто є авторегресійним процесом, таким чином, $q = 0$, а $p = 1$, так як, це номер останнього лагу, що не дорівнює нулю. Визначивши усі параметри, виходить ARIMA-модель вигляду ARIMA(1,0,0). Щоб переконатися, що це єдина можлива модель, слід застосувати вбудовану функцію Python, що самостійно визначить оптимальні параметри моделі. Результати розрахунків наведені на рисунку 2.24.


```

Performing stepwise search to minimize aic
ARIMA(2,0,2)(0,0,0)[0] : AIC=99.222, Time=0.06 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[0] : AIC=352.148, Time=0.00 sec
ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.01 sec
ARIMA(0,0,1)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.01 sec
ARIMA(1,0,2)(0,0,0)[0] : AIC=96.982, Time=0.03 sec
ARIMA(0,0,2)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.05 sec
ARIMA(1,0,1)(0,0,0)[0] : AIC=95.222, Time=0.01 sec
ARIMA(2,0,1)(0,0,0)[0] : AIC=95.696, Time=0.04 sec
ARIMA(2,0,0)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.01 sec
ARIMA(1,0,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=82.990, Time=0.06 sec
ARIMA(0,0,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=83.771, Time=0.00 sec
ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=81.233, Time=0.01 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=87.407, Time=0.00 sec
ARIMA(2,0,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=82.923, Time=0.02 sec
ARIMA(2,0,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=84.886, Time=0.05 sec

Best model: ARIMA(1,0,0)(0,0,0)[0] intercept
Total fit time: 0.357 seconds

```

Рис. 2.24 Автоматичний розрахунок коефіцієнтів ARIMA-моделі для часового ряду рівня інфляції

Отримані результати свідчать про те, що визначена модель дійсно є кращою для даного часового ряду. Таким чином, на рисунку 2.25 подано графік, де порівняно фактичний часовий ряд та той, що був отриманий за моделлю (1,0,0).

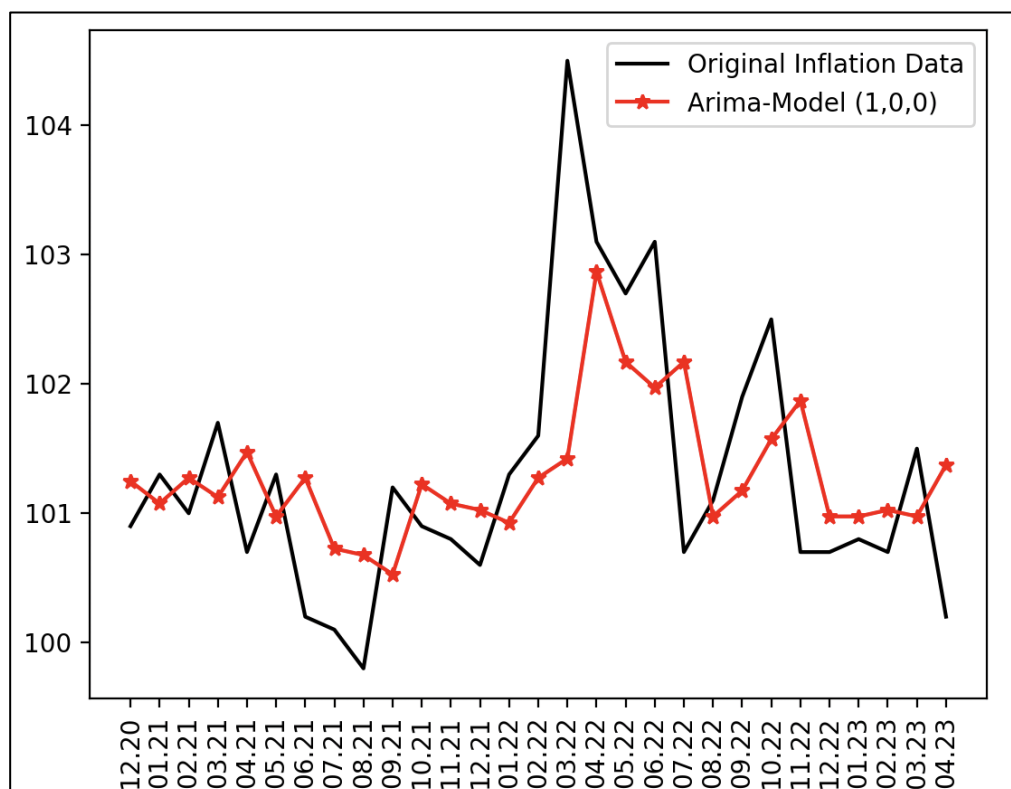


Рис. 2.25 Результат застосування ARIMA-моделі для часового ряду рівня інфляції

Спираючись на поданий графік, можна зробити висновок, що модель не дуже співпадає з фактичним рядом, хоча і повторює коливання. Для більш точної оцінки слід проаналізувати значення похибок, що подані у таблиці 2.26.

Таблиця 2.26

Значення похибок для прогнозного ряду рівня інфляції за ARIMA-моделлю

Показник \ Модель	(1, 0, 0)
-1-	-2-
Коеф. Тейла	0.00435
<i>MAD</i>	0.667
<i>MAPE</i>	0.65667
<i>MSE</i>	0.7769
<i>RMSE</i>	0.881

Хоча за графіком видно, що ряди не сильно співпадають, значення похибок дуже малі, що свідчить про те, що модель все таки прийнятна. Прогнозне значення рівня інфляції у травні 2023 р. складає 100.7%.

Зовнішній борг. Як і для попередніх показників, спочатку необхідно перевірити стаціонарність ряду, виконавши розширений тест Діккі-Фуллера. Результати тесту наведені на рисунку 2.26.

Differencing	ADF Statistic	p-value	Critical value: 1%	Critical value: 5%	Critical value: 10%
0	3.25309	1	-3.85907	-3.04205	-2.66091
1	0.895205	0.993027	-3.80921	-3.02165	-2.65071
2	-3.68129	0.00438421	-3.80921	-3.02165	-2.65071

Рис. 2.26 Результати проведення ADF-тесту для часового ряду зовнішнього боргу

Судячи з отриманого результату, для того, щоб часовий ряд став стаціонарним, необхідно було провести дві процедури диференціювання. Звідси, параметр d дорівнює 2. Для визначення інших параметрів, слід дослідити корелограми автокореляційної та частково автокореляційної функцій, побудованих для ряду після двох разів взяття перших різниць. Отримані корелограми зображені на рисунках 2.27 та 2.28 відповідно.

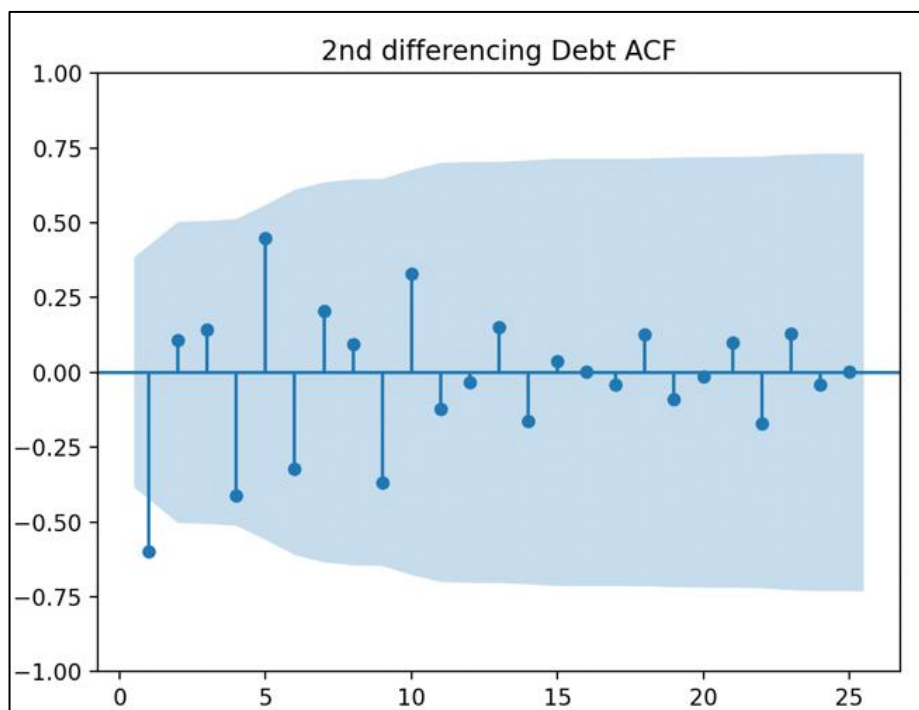


Рис. 2.27 Корелограма автокореляційної функції часового ряду зовнішнього боргу

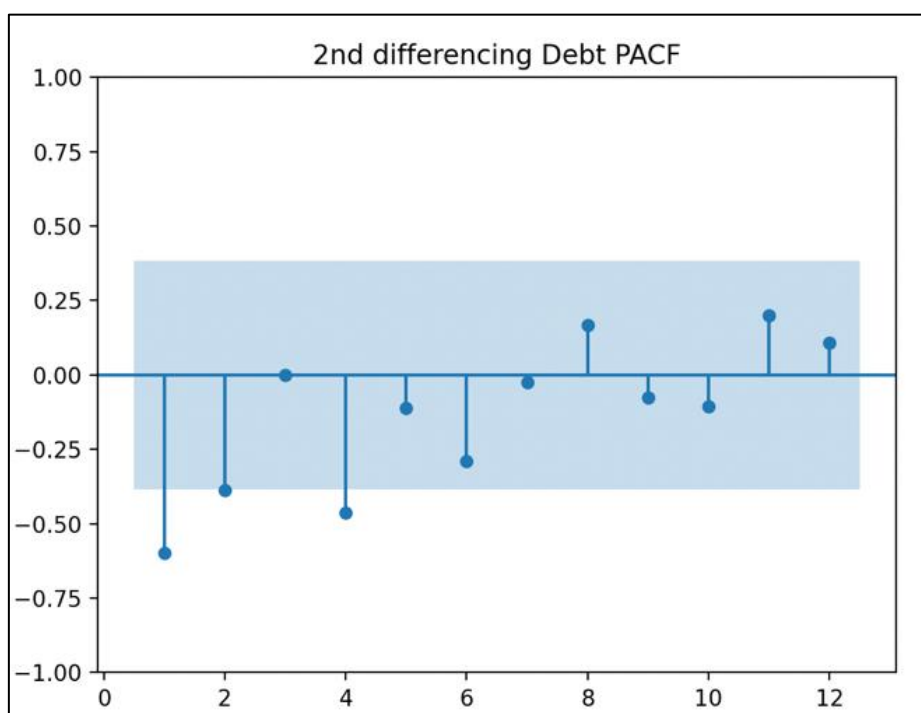


Рис. 2.28 Корелограма частково автокореляційної функції часового ряду зовнішнього боргу

З наведених корелограм видно, що графіки не мають плавного затухання, тому параметри p та q слід визначати за останніми ненульовими лагами. Таким чином, $p = 2$, а $q = 1$. Для перевірки, чи дійсно отримана модель єдина для

часового ряду, слід викликати функцію для автоматичного розрахунку параметрів. Результати виклику функції наведено на рисунку 2.29.

```

Performing stepwise search to minimize aic
ARIMA(2,2,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=inf, Time=0.05 sec
ARIMA(0,2,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=118.653, Time=0.00 sec
ARIMA(1,2,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=106.757, Time=0.00 sec
ARIMA(0,2,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=inf, Time=0.02 sec
ARIMA(0,2,0)(0,0,0)[0] : AIC=116.800, Time=0.00 sec
ARIMA(2,2,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=104.515, Time=0.01 sec
ARIMA(3,2,0)(0,0,0)[0] intercept : AIC=106.455, Time=0.01 sec
ARIMA(2,2,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=102.178, Time=0.01 sec
ARIMA(1,2,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=inf, Time=0.02 sec
ARIMA(3,2,1)(0,0,0)[0] intercept : AIC=inf, Time=0.05 sec
ARIMA(1,2,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=inf, Time=0.03 sec
ARIMA(3,2,2)(0,0,0)[0] intercept : AIC=inf, Time=0.05 sec
ARIMA(2,2,1)(0,0,0)[0] : AIC=100.703, Time=0.01 sec
ARIMA(1,2,1)(0,0,0)[0] : AIC=102.159, Time=0.01 sec
ARIMA(2,2,0)(0,0,0)[0] : AIC=103.097, Time=0.00 sec
ARIMA(3,2,1)(0,0,0)[0] : AIC=105.846, Time=0.01 sec
ARIMA(2,2,2)(0,0,0)[0] : AIC=inf, Time=0.02 sec
ARIMA(1,2,0)(0,0,0)[0] : AIC=104.975, Time=0.00 sec
ARIMA(1,2,2)(0,0,0)[0] : AIC=104.148, Time=0.01 sec
ARIMA(3,2,0)(0,0,0)[0] : AIC=104.985, Time=0.01 sec
ARIMA(3,2,2)(0,0,0)[0] : AIC=102.995, Time=0.02 sec

Best model: ARIMA(2,2,1)(0,0,0)[0]
Total fit time: 0.344 seconds

```

Рис. 2.29 Автоматичний розрахунок коефіцієнтів ARIMA-моделі для часового ряду зовнішнього боргу

Так як, автоматичний розрахунок параметрів надав такі ж результати, що були отримані за допомогою аналізу корелограм, тому для прогнозування буде використовуватися модель вигляду – (2,2,1). Графік часового ряду, розрахований за ARIMA-моделлю, зображено на рисунку 2.30, а у таблиці 2.27 подано значення похибок.

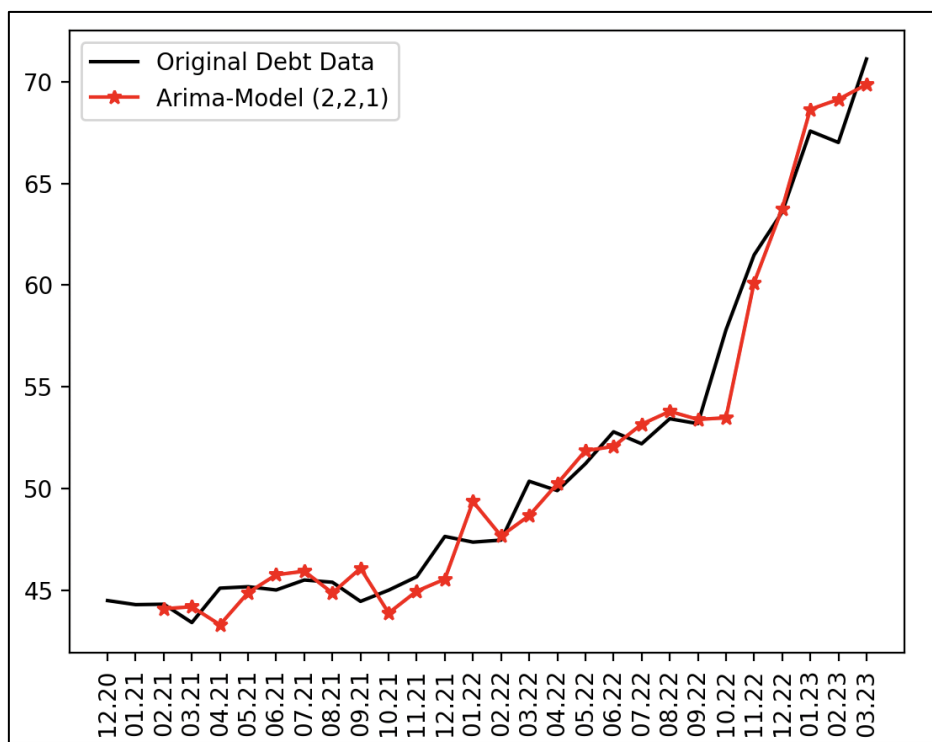


Рис. 2.30 Результат застосування ARIMA-моделі для часового ряду зовнішнього боргу

Таблиця 2.27

Значення похибок для прогнозного ряду зовнішнього боргу за ARIMA-моделлю

Показник \ Модель	(2, 2, 1)
-1-	-2-
Коеф. Тейла	0.0133
<i>MAD</i>	1.0668
<i>MAPE</i>	2.054
<i>MSE</i>	1.9413
<i>RMSE</i>	1.3933

З наведеного вище графіку, можна зробити висновок, що модель має мало розбіжностей з фактичним рядом, це також підтверджують отримані похибки. За даною моделлю, прогнозна величина зовнішнього боргу у квітні 2023 р. складе 73.057 млрд. дол. США.

2.5 Аналіз та оцінка результатів

У попередніх пунктах продемонстровано, як розрахувати прогноз за методами простого ковзного середнього, експоненціального й адаптивного згладжувань, та з використанням ARIMA-моделі. Для кожного методу обрано один прогнозний ряд, який найбільш точно описує фактичний. Для визначення остаточного прогнозу на наступний період для кожного показника, необхідно порівняти похибки, що були отримані при використанні методів. Метод, що дав результат з найменшими похибками, буде вважатися найкращим для прогнозування поданого часового ряду.

Золотовалютні резерви. Порівняння кожного методу за похибками подано у таблиці 2.28.

Таблиця 2.28

Значення похибок для прогнозних рядів золотовалютних резервів за різними методами

Метод Показник	Ковзного середнього	Експоненціальне згладжування	Адаптивне згладжування	ARIMA-модель
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Прогноз	32233.1867	35017.0284	35868.148	34808.91
Коеф. Тейла	0.01396	0.0063	0.0054	0.03
<i>MAD</i>	616.964691	281.9	180.736	1411.108
<i>MAPE</i>	2.25059801	0.9976	0.655	4.998
<i>MSE</i>	611054.308	127538.037	93957.026	3019153.41
<i>RMSE</i>	781.699628	357.125	306.5241	1737.57112

У поданій таблиці найменші значення похибок отримані за методом адаптивного згладжування. Коефіцієнт Тейла складає 0.0054, а відносна похибка у відсотках 0.655%, це означає, що точність прогнозу дорівнює 99.345%. Тому, за цим методом величина золотовалютних резервів у травні 2023 р. складе 35868.148 млн. дол. США. На рисунку 2.31 зображено зміну даного показника.

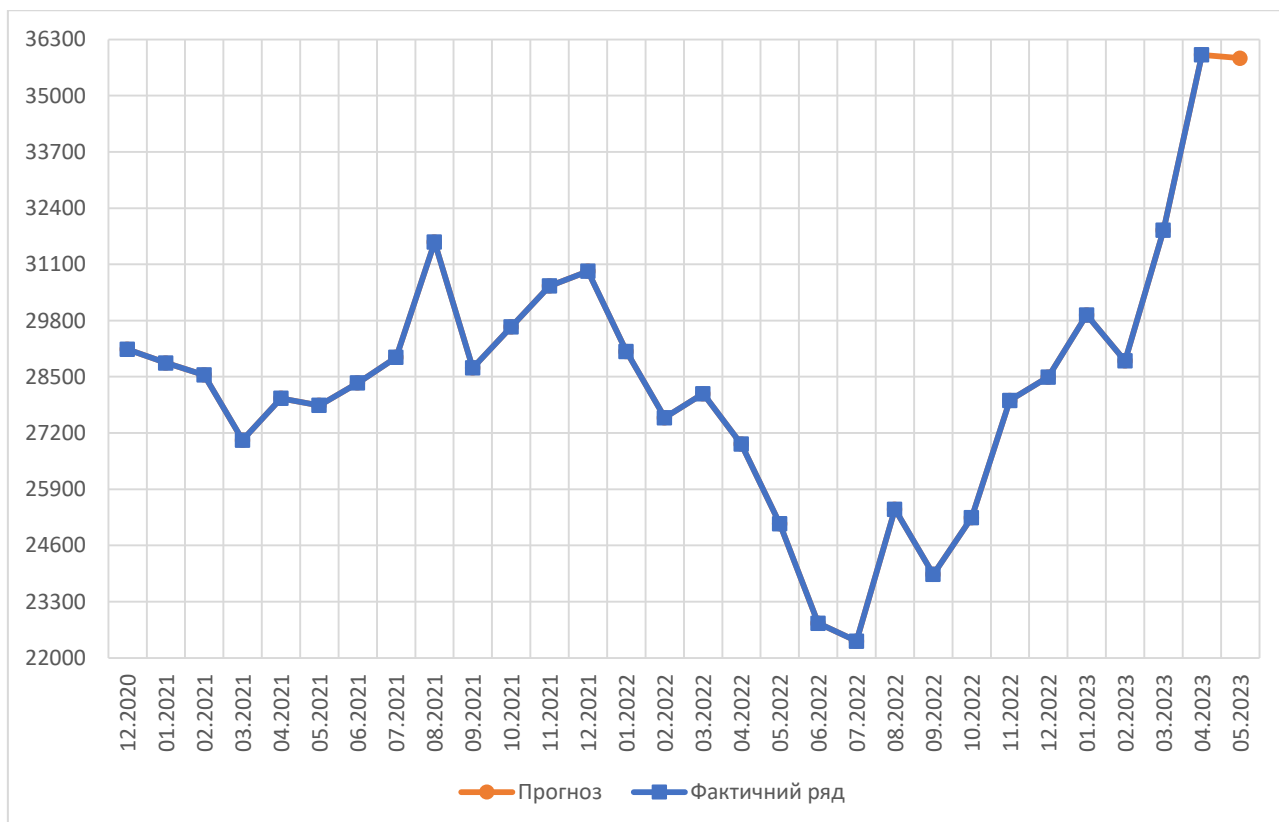


Рис. 2.31 Прогноз величини золотовалютних резервів на травень 2023 р.

Інфляція. Значення похибок за застосованими методами занесено до таблиці 2.29.

Таблиця 2.29

Значення похибок для прогнозних рядів рівня інфляції за різними методами

Метод Показник	Ковзного середнього	Експоненціальне згладжування	Адаптивне згладжування	ARIMA-модель
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Прогноз	100.8	100.43	100.48	100.7
Коеф. Тейла	0.0027	0.0009	0.00104	0.00435
<i>MAD</i>	0.4358	0.1355	0.13313	0.667
<i>MAPE</i>	0.4282	0.1333	0.131	0.65667
<i>MSE</i>	0.3074	0.036779	0.0446	0.7769
<i>RMSE</i>	0.554	0.1917787	0.2112468	0.881

Для показника рівня інфляції, виявлено два методи, прогнозні ряди яких найбільше співпадають з фактичним, це методи експоненціального та адаптивного згладжувань. За методом експоненціального згладжування отримано найменше значення коефіцієнта Тейла, MSE та RMSE, а найменші

похибки MAD та MAPE отримано за методом адаптивного згладжування. Так як, більшість похибок з найменшими значеннями отримані за методом експоненціального згладжування, тому за прогнозним рядом, рівень інфляції у травні 2023 р. складе 100.43%. Графік зміни показника продемонстровано на рисунку 2.32.

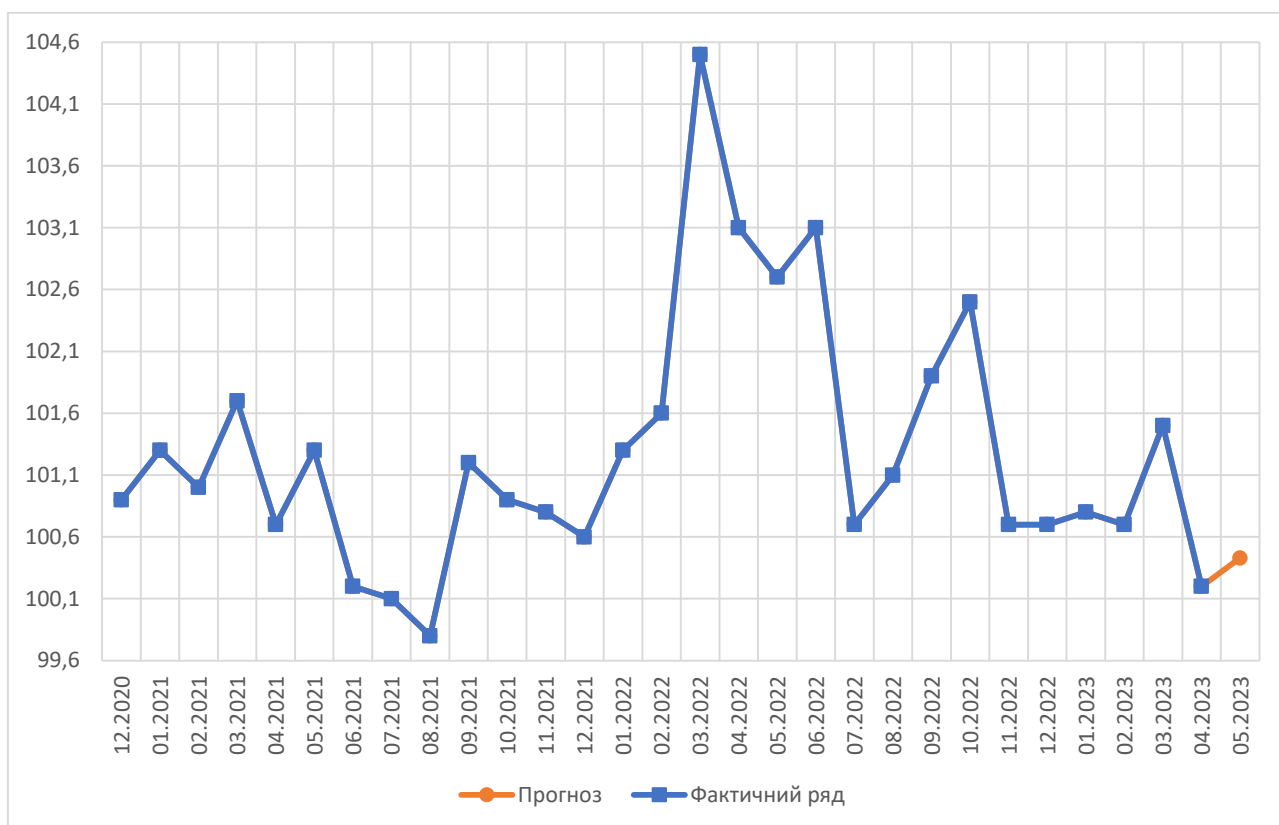


Рис. 2.32 Прогноз величини рівня інфляції на травень 2023 р.

Зовнішній борг. У таблиці 2.30 відображені значення похибок за кожним методом.

Таблиця 2.30

Значення похибок для прогнозних рядів зовнішнього боргу за різними методами

Метод / Показник	Ковзного середнього	Експоненціальне згладжування	Адаптивне згладжування	ARIMA-модель
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
Прогноз	68.56	70.28	70.9	73.057
Коеф. Тейла	0.00717	0.0039	0.00169	0.0133
MAD	0.58	0.26424	0.113653	1.0668

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
<i>MAPE</i>	1.1028	0.4697	0.22	2.054
<i>MSE</i>	0.5381	0.164	0.0307	1.9413
<i>RMSE</i>	0.73	0.405	0.175286	1.3933

Найменші похибки були отримані для методу адаптивного згладжування з відносною похибкою у відсотках – 0.22%. Звідси, відповідно прогнозованому ряду, величина зовнішнього боргу у квітні 2023 р. складе 70.9 млрд. дол. США. На рисунку 2.33 продемонстровано динаміку зміни зовнішнього боргу, враховуючи прогнозне значення.

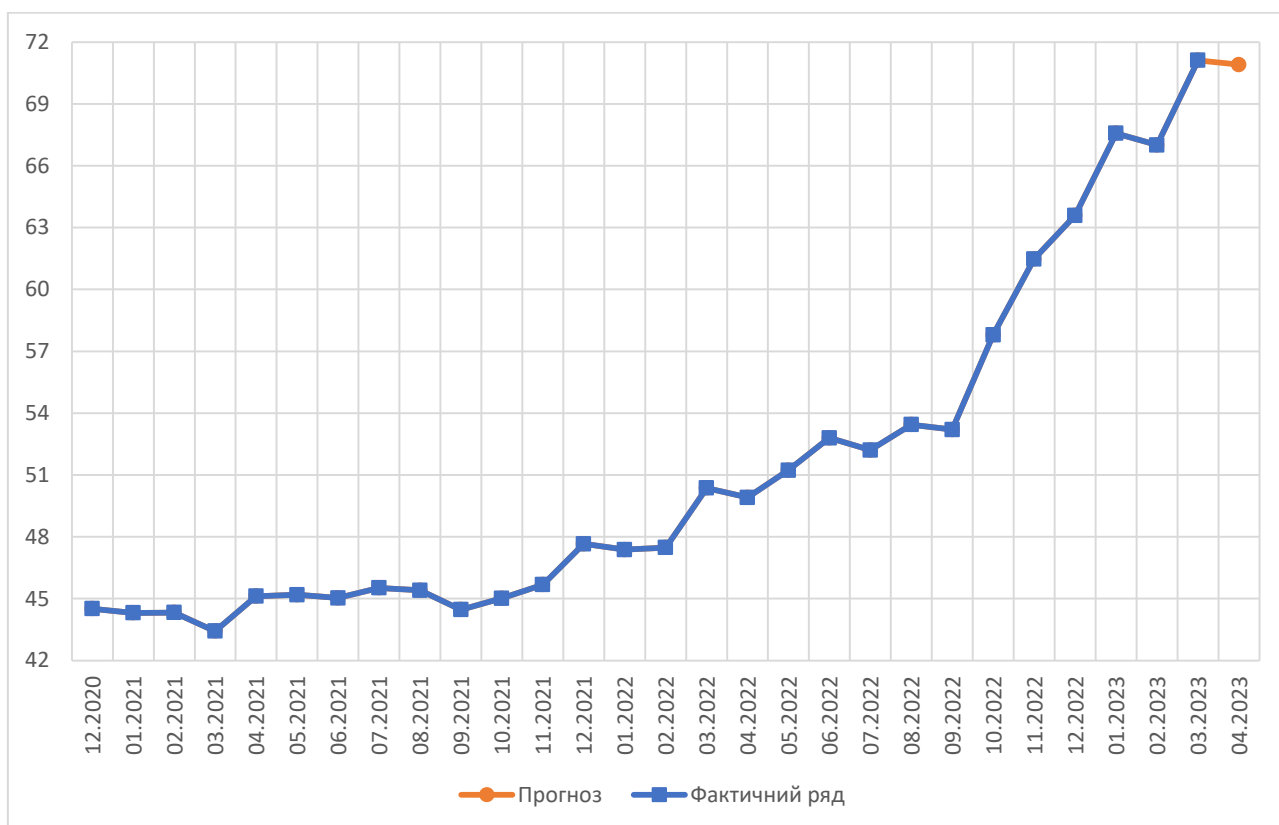


Рис. 2.33 Прогноз величини зовнішнього боргу на квітень 2023 р.

2.6 Висновок до Розділу 2

До складу золотовалютних резервів входять золото та платіжні засоби, завдяки яким можна погасити зовнішні борги. Поповненням резервів

займається Національний банк України, шляхом проведення операцій на валютних ринках. Для забезпечення стабільного функціонування економіки, необхідно підтримувати оптимальний рівень золотовалютних активів.

Інфляція виникає у зв'язку з подіями, що дестабілізують економіку, та проявляється у перебільшенні кількості грошей для економічного функціонування, тобто грошей більше, ніж потрібно. Щоб проаналізувати, як змінилася інфляція за місяць, розраховується темп інфляції. Найбільше інфляційний процес впливає на населення держави, тому що зменшується дохід та знецінюються гроші.

Зовнішній борг країни – це фінансове зобов'язання, яке необхідно погасити у встановлені строки. Головною причиною збільшення зовнішнього боргу є дефіцит державного бюджету. За допомогою отримання позики, держава намагається стабілізувати макроекономічні показники та забезпечити економічний розвиток.

Застосувавши обрані методи прогнозування для кожного показника, можна зробити наступні висновки: при використанні методу ковзного середнього, слід обирати менший інтервал згладжування, так як, отримана модель буде краще описувати процес та повторювати коливання; для методів експоненціального та адаптивного згладжувань, при коефіцієнті згладжування близькому до 1, у результаті виходить ряд, що найбільше співпадає з фактичним, проте, непогана відповідність може досягатися і при коефіцієнтах 0.1 – 0.3; у випадку прогнозування за ARIMA-моделлю, значення параметра d слід обирати не більше 3, так як, принцип цієї моделі базується на використанні невеликих значень параметрів.

ВИСНОВОК

Дипломна робота була присвячена розрахунку прогнозу для трьох економічних показників: величин золотовалютних резервів та зовнішнього боргу, рівня інфляції; використовуючи при цьому чотири методи прогнозування: ковзного середнього, експоненціального та адаптивного згладжувань, ARIMA-моделі. За кожним із методів отримано прийнятні значення коефіцієнтів Тейла, що не перевищують 0.03, та похибки MAPE у діапазоні 0.1 – 5%, що означає високу точність прогнозу.

Проте, серед усіх методів найкращим виявився метод адаптивного згладжування, що тільки доводить, чому він є найрозповсюдженим методом для прогнозування. Найгірше себе проявила ARIMA-модель, хоча за нею отримані невеликі значення похибок; але для роботи з такою моделлю необхідно попередньо перевіряти ряд на стаціонарність, що тільки займає час, окрім цього, для визначення параметрів моделі, фахівець повинен мати певні знання щодо аналізу корелограм АКФ та ЧАКФ. Підсумовуючи це, можна сказати, що використання ARIMA-моделі не є практичним, бо вона не підходить для будь-яких часових рядів без попереднього їх аналізу. В той же час, методи згладжування застосовуються безпосередньо до часового ряду без попередніх його змін, що скорочує час, витрачений на розрахунок прогнозу. Але не усі методи згладжування можуть надати точний результат, дане твердження стосується методу ковзного середнього, оскільки, по-перше, розрахунок значень ряду відбувається за процедурою усереднення, не враховуючи похибки, що можуть коригувати наступні розрахунки, а по-друге, не згладжується певна кількість останніх та перших значень ряду. Таким чином, методи адаптивного та експоненціального згладжувань залишаються лідерами серед методів прогнозування, тому що враховуються значення похибок, й окрім цього, у методі адаптивного згладжування також змінюється коефіцієнт згладжування.

Таким чином, прогнозні значення показників на наступний місяць виглядають наступним чином: за методом експоненціального згладжування, рівень інфляції за травень 2023 р. збільшиться до 100.43%, з отриманим коефіцієнтом Тейла 0.0009, середньоквадратичним відхиленням 0.19, та точністю прогнозу 99.87%; за методом адаптивного згладжування, величина золотовалютних резервів за травень 2023 р. зменшиться до 35868.148 млн. дол. США, при коефіцієнті Тейла 0.0054, середньоквадратичного відхилення 306.52, та точністю прогнозу 99.345%; величина зовнішнього боргу за квітень 2023 р. зменшиться до 70.9 млрд. дол. США, з коефіцієнтом Тейла 0.00169, середньоквадратичним відхиленням 0.175, та точністю прогнозу 99.78%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анализ временных рядов : учебное пособие / Е. Г. Агапова ; [науч. ред. Т. М. Попова]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 55 с.
2. Анализ временных рядов и прогнозирование : учебник / Ю. В. Сажин, А. В. Катунь, Ю. В. Сарайкин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 192 с.
3. Голюк В.Я., Подвальна В.В. Аналіз динаміки та причин інфляції в Україні в 1991-2016 // Науковий вісник Херсонського державного університету. – 2017. – Вип.24., ч.2. – с. 69-72.
4. Державний борг та гарантований державою борг. URL: <https://mof.gov.ua/uk/derzhavnij-borg-ta-garantovanij-derzhavju-borg> (дата звернення: 13.05.2023)
5. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования : Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 206 с.
6. Економіка: макро- та мікроекономічні аспекти: Навчальний посібник / Баула О.В., Вісин В.В., Вісина Т.М., Галазюк Н.М., Зелінська О.М., Ліщук В.І., Лютак О.М, Савош Л.В. – Луцьк: Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ, 2018. – 279 с.
7. Золотовалютні резерви України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/assets/> (дата звернення: 13.05.2023)
8. Індекс інфляції в Україні. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/> (дата звернення: 13.05.2023)
9. Круш П. В. Клименко О. В. Інфляція: суть, форми та її оцінка: Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 288 с.
10. Литвинчук С.Ю. Информационные технологии в экономике. Анализ и прогнозирование временных рядов с помощью Excel [Текст]: учебное

посobie / С.Ю. Литвинчук; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н.Новгород: – ННГАСУ, 2010. – 78 с.

11. Лук'яненко І. Г., Жук В. М. Аналіз часових рядів. Побудова ARIMA, ARCH/GARCH моделей з використанням пакета E.Views 6.0. Частина перша: практичний посібник для роботи в комп'ютерному класі. – К.: НаУКМА, 2013. – 187 с.
12. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
13. Міжнародні резерви країн Європейського Союзу: теорія і практика управління : монографія / А. Т. Грицишин. – Львів : Сполом, 2021. – 224 с.
14. Мінекономіки: Споживча інфляція за підсумками 2022 року становила 26,6% - це суттєво менше прогнозів. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/spozhyvcha-infliatsiia-za-pidsumkamy-2022-roku-stanovyly-266-tse-suttievo-menshe-prohnoziv> (дата звернення: 11.03.2023)
15. Присенко Г. В., Равікович Є. І. Прогнозування соціально-економічних процесів: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2005. – 378 с.
16. Проблеми регулювання міжнародних резервів і платіжного балансу України / Г.В. Веріга // Культура народів Причорномор'я. – 2012. – № 253. – с. 17-20. – Бібліогр.: 9 назв. – укр.
17. Прогнозирование и временные ряды : учебное пособие / К. О. Кизбикенов. – Барнаул : АлтГПУ, 2017. – 115 с.
18. Решетило В. П. Тексти лекцій з дисципліни «Економічна теорія (Макроекономіка)» (для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання напрямів підготовки 6.140101 – Готельно-ресторанна справа та 6.140101 – Туризм) / В. П. Решетило, Ю. В. Федотова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 143 с.
19. Тиждень студентської науки – 2023: Матеріали сімдесят восьмої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). – Д.: НТУ «ДП», 2023 – 773 с. – с. 359-361.

20. Федоренко В. Г., Ніколенко Ю. В., Діденко О. М., Денисенко М. П., Руженський М. М. Основи економічної теорії: Підручник / За науковою ред. проф. Федоренка В. Г. – 2-ге вид. перероблене і доповнене. – К.: Алерта, 2007. – 519 с.
21. Центральний банк і грошово-кредитна політика. Підруч. / А.В. Сілакова, Г.І. Лановська, Н.І. Климаш, [та ін.] за заг. ред. Т.А. Говорушко. – Львів «Магнолія 2006», 2015. – 224 с.
22. Центральний банк та грошово-кредитна політика: Підручник / Кол. авт.: А. М. Мороз, М. Ф. Пуховкіна, М. І. Савлук та ін.; За ред. д-ра екон. наук, проф. А. М. Мороза і канд. екон. наук, доц. М. Ф. Пуховкіної. – К.: КНЕУ, 2005. – 556 с.
23. Часові ряди. URL: <https://kstat.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/63/2018/04/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%96-%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B8.pdf> (дата звернення: 27.03.2023)
24. Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings, Murat Kulahci. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting, 2nd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. 671 p.

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ з/п	Позначення				Найменування	Кількість аркушів	Примітки		
1									
2					Документація				
3									
4	САУ.КР.УУ.ΖΖ.ΠΖ				Пояснювальна записка	N1	Формат А4		
5									
6					Демонстраційний матеріал	N2	Презентація на CD-R		
7									
8					Копія роботи	1	Диск CD-R		
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
					САУ.КР.УУ.ΖΖ.ДА.ΠΖ.				
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Матеріали кваліфікаційної роботи		Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		ПІБ							
К. розд.		ПІБ							
Керівн.		ПІБ							
Н.контр.		ПІБ							
Зав. каф.		ПІБ							
							НТУ «ДП», 12; 124-19-1		

Запис **САУ.КР.УУ.ΖΖ.ΠΖ** означає наступне:

САУ – код випускаючої кафедри;

КР – кваліфікаційна робота;

N1 – загальна кількість сторінок пояснювальної записки кваліфікаційної роботи з додатками;

N2 – кількість аркушів демонстраційного матеріалу (слайдів презентації);

УУ – рік захисту кваліфікаційної роботи в ЕК (наприклад “22”);

ΖΖ – номер теми студента в наказі про затвердження теми кваліфікаційної роботи (наприклад “06”);

ПЗ – пояснювальна записка;
 ДА – додаток А;
 12 – код галузі «Інформаційні технології».

ДОДАТОК Б. Відгук керівника кваліфікаційної роботи

Відгук на кваліфікаційну роботу бакалавра студентки групи 124 – 19 – 1 спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи: _____

Обсяг кваліфікаційної роботи _____ стор.

Мета кваліфікаційної роботи: _____

Актуальність _____ теми

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки _____

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам ступеня бакалавра. Оригінальність наукових рішень полягає в _____

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає в _____

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи в _____

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами. Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі (*в разі невідповідності – вказати*)

У роботі відзначено такі недоліки: _____

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: _____

З урахуванням висловлених зауважень автор (не) заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра,
науковий ступінь, вчене звання, посада _____ / ПІБ

ДОДАТОК В. Теза конференції «Тиждень студентської науки»

На рисунку В.1 подано частину змісту збірки за секцією 11 «Інформаційні та телекомунікаційні технології», а на рисунках В.2-В.4 – теза конференції за темою «Аналіз і прогнозування рівня інфляції в Україні під час воєнного стану».

Рева В. Є., Олішевський Г. С. ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ГАЗОВИДОБУВАЮЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	331
Ступак С. В., Бобров О. В. ВИНИКНЕННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ЙОГО ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ	334
ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
Андрющенко К. С., Ширін А.Л. ПЕРЕВАГИ DJANGO НАД ІНШИМИ ФРЕЙМВОРКАМИ ТА ПОРІВНЯННЯ З CMS-СИСТЕМОЮ WORDPRESS	338
Атаманчук О. А., Приходченко С.Д., Ширін А.Л. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІГРОВІЙ РОЗРОБЦІ: МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	340
Баглай О. Г., Каштан В. Ю. РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРІГ НА ЦИФРОВИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ	343
Балян А. Д., Ширін А. Л. ГЕЙМДИЗАЙНЕР ЯК ТВОРЕЦЬ ІГРОВОГО ВСЕСВІТУ	345
Gulyakin E. V., Gusev A. Y. STUDY OF THE QUALITY OF INFORMATION TRANSMISSION IN LTE NETWORKS	347
Льбіна Л. В., Ус С. А. АНАЛІЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	350
Карапиш І. В., Реута О. В., Ширін А. Л. ВИКОРИСТАННЯ JAVA ДЛЯ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ: ПОРІВНЯННЯ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ПЛАТФОРМАМИ	353
Карапиш І. В., Спірінцев В. В., Ширін А. Л. ВИБІР ШРИФТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВПЛИВУ НА USER EXPERIENCE	356
Кочерга В. С., Хом'як Т. В. АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ІНФЛЯЦІЇ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ	359
	759
<i>Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки»</i>	

Рис. В.1 Частина змісту секції 11

АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ІНФЛЯЦІЇ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

НТУ «Дніпровська політехніка»

Кочерга Вікторія Сергіївна

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Хом'як Тетяна Валеріївна

З лютого 2022 року, після початку повномасштабного вторгнення, економіка України зазнала великих змін. Попри все збільшився рівень інфляції, що виражається у загальному зростанні рівня цін на товари та послуги. На рисунку 1 представлено динаміку зміни інфляції за період з березня 2021р. по березень 2023 р. [1].

В роботі проведено аналіз показника рівня інфляції та розраховане прогнозне значення на квітень 2023р. за допомогою ARIMA-моделі.

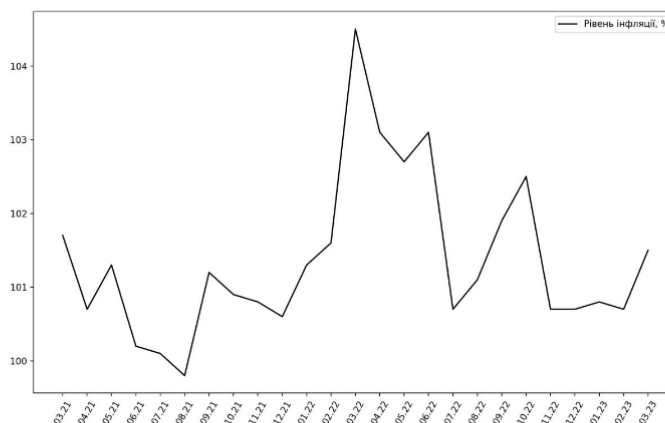


Рис. 1 Рівень інфляції в Україні за період з 03.2021р. по 03.2023 р.

З наведеного графіку видно, що саме у березні 2022 року, рівень інфляції досяг максимального значення за весь досліджуваний період, та становив 104.5%, що на 2.8% більше в порівнянні з минулим роком того ж місяця. Поступово ситуація стабілізувалася у липні 2022 р., рівень інфляції набув майже того ж значення, що був до війни, тобто 100.7%. Протягом осені, даний показник зростав, проте, з грудня 2022р. по лютий 2023 р. рівень інфляції залишався в межах 100.7-100.8%. За березень 2023 р. рівень інфляції зріс на 0.8% та становив 101.5%.

Перед тим, як розраховувати прогноз на наступний місяць, необхідно провести тест Діккі-Фуллера, задля перевірки стаціонарності даного часового ряду, та визначити параметри моделі. За результатами тесту, отриманого за допомогою вбудованої бібліотеки Python, показник p-value склав 0.09. Оскільки,

359

Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки»

Рис. В.2 Теза конференції

СЕКЦІЯ – ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

дане значення не менше за 0.05, то необхідно взяти першу різницю ряду, та провести тест ще раз. Після другого тесту, p-value дорівнює $1.34 \cdot 10^{-7}$, тому можна стверджувати, що ряд є стаціонарним, та параметр d для ARIMA-моделі дорівнює 1. Щоб визначити параметри p та q , необхідно дослідити графіки автокореляційної (АКФ) та частково автокореляційної (ЧАКФ) функцій, що зображені на рисунку 2 [2].

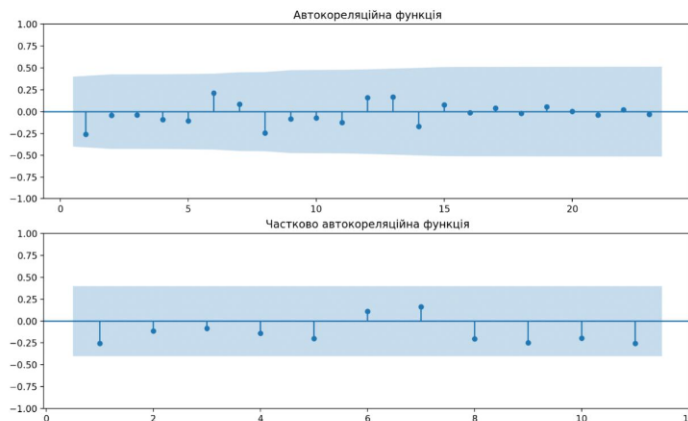


Рис. 2 Графіки АКФ та ЧАКФ

Подані графіки представляють собою модель білого шуму, тому $p = q = 0$. Враховуючи усі параметри, виходить ARIMA-модель виду (0,1,0). Задля оцінки якості моделі, можна використати вбудовану бібліотеку Python, що розрахеє найкращу модель для даного часового ряду, та порівняти їх похибки. У результаті, отримано модель (1,0,0). Щоб визначити, яка модель краща для прогнозування, слід порівняти значення інформаційних критеріїв, що були отримані у ході тестування моделей. Результати тестування наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Числові критерії моделей

Модель	AIC	BIC	MAPE	RMSE
(0,1,0)	72.811	73.989	0.745	1.058
(1,0,0)	72.39	76.046	0.67	0.9

Розбіжності між моделями невеликі. Якщо порівнювати параметри AIC, MAPE та RMSE, то модель (1,0,0) краща, проте, за критерієм BIC краща (0,1,0). Тому, спираючись на те, що більшість критеріїв мають менші значення за моделлю (1,0,0), саме по ній буде розраховуватися прогноз на наступний місяць. На рисунку 3 зображений прогноз на квітень 2023 р. разом з інтервалами довіри. Прогнозний рівень інфляції складає 101.44%, з точністю прогнозу 99.3%.

360

Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки»

Рис. В.3 Продовження тези

СЕКЦІЯ – ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

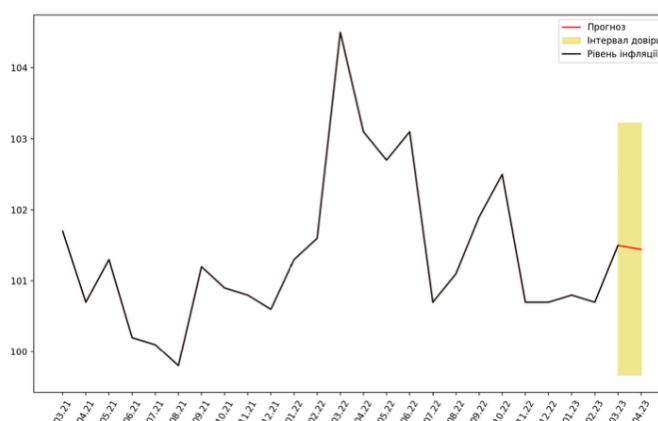


Рис. 3 Прогноз рівня інфляції на квітень 2023 р

Проаналізувавши досліджені моделі, можна зробити висновок, що не завжди є кращою ARIMA-модель, що побудована на основі стаціонарного ряду. Навіть при невеликій різниці p-value від 0.05, модель все одно може дати досить адекватний результат.

Перелік посилань

1. Індекс інфляції в Україні. 2023 [Електронний ресурс]. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/> (дата звернення: 27.03.2023).
2. Присенко Г. В., Равікович Є. І Прогнозування соціально-економічних процесів: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2005. – 378 с.

Рис. В.4 Продовження тези

ДОДАТОК Г. Програмний код для побудови ARIMA-моделі

```
import numpy as np
import pandas as pd
import pmdarima as pm
import matplotlib.pyplot as plt
from tabulate import tabulate
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from statsmodels.tsa.stattools import adfuller
from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_acf, plot_pacf

# gold
goldData = [
    29132.89,
    28820.91,
    28543.18,
    27034.79,
    28000.06,
    27840.23,
    28357.7,
    28951.12,
    31614.07,
    28706.11,
    29654.29,
    30598.44,
    30940.95,
    29086.98,
    27552.86,
    28107.45,
    26945.07,
    25102.24,
    22802.15,
    22386.6,
    25438.75,
    23932.19,
    25246.38,
    27954.58,
    28494.46,
    29928.21,
    28869.64,
    31886.73,
    35943.19,
]

# debt
debtData = [
    44.51,
    44.31,
    44.33,
    43.43,
    45.12,
    45.19,
    45.03,
    45.52,
```

```
45.41,  
44.47,  
45.02,  
45.68,  
47.66,  
47.38,  
47.48,  
50.37,  
49.91,  
51.23,  
52.8,  
52.21,  
53.44,  
53.2,  
57.8,  
61.48,  
63.59,  
67.57,  
67.01,  
71.11,  
]
```

```
# inflation  
inflationData = [  
  100.9,  
  101.3,  
  101,  
  101.7,  
  100.7,  
  101.3,  
  100.2,  
  100.1,  
  99.8,  
  101.2,  
  100.9,  
  100.8,  
  100.6,  
  101.3,  
  101.6,  
  104.5,  
  103.1,  
  102.7,  
  103.1,  
  100.7,  
  101.1,  
  101.9,  
  102.5,  
  100.7,  
  100.7,  
  100.8,  
  100.7,  
  101.5,  
  100.2,
```



```

]

# dickey-fuller test function
def isStationary(dataToTest, testInd):
    testResult = adfuller(dataToTest)
    answer = "No"
    if testResult[1] < 0.1 and testResult[4]["10%"] > testResult[0]:
        answer = "Yes"
    return answer, [
        testInd,
        testResult[0],
        testResult[1],
        testResult[4]["1%"],
        testResult[4]["5%"],
        testResult[4]["10%"],
    ]

# array differencing function
def differencingArray(array, times):
    for ind in range(times):
        array = np.diff(array)
    return array

# check stationarity function
def checkStationarity(data, dataName):
    print("\nCHECKING STATIONARITY FOR %s DATA" % dataName.upper())
    headerNames = [
        "Differencing",
        "ADF Statistic",
        "p-value",
        "Critical value: 1%",
        "Critical value: 5%",
        "Critical value: 10%",
    ]
    ]
    diffInd = 0
    tableData = []
    while isStationary(data, diffInd)[0] != "Yes":
        tableData.append(isStationary(data, diffInd)[1])
        data = differencingArray(data, 1)
        diffInd = diffInd + 1
    tableData.append(isStationary(data, diffInd)[1])
    print(tabulate(tableData, headers=headerNames, tablefmt="fancy_grid"))

# plot an acf/pacf function
def plotACFandPACF(array, acfTitle, pacfTitle):
    plot_acf(array, lags=len(array) - 1, title=acfTitle, zero=False)
    plot_pacf(array, lags=len(array) / 2 - 1, title=pacfTitle, method="ywm", zero=False)

# auto-arima function

```

```

def calculateAutoArimaModel(data, title):
    print("-----")
    print("AUTO-ARIMA MODEL %s DATA:" % title.upper())
    pm.auto_arima(data, trace=True, seasonal=False, error_action="ignore")

# fitting arima-model function
def fitArimaModel(data, p_parameter, d_parameter, q_parameter):
    arimaModel = ARIMA(data, order=(p_parameter, d_parameter, q_parameter)).fit()
    if d_parameter != 0:
        for ind in range(d_parameter):
            arimaModel.fittedvalues[ind] = None
    return arimaModel

# display arima model values and errors
def displayArimaResults(data, title, p_parameter, d_parameter, q_parameter, maxDate):
    arimaModel = fitArimaModel(data, p_parameter, d_parameter, q_parameter)
    months = pd.period_range("2020-12", maxDate, freq="M")
    monthsString = months.strftime("%m.%y")
    figure = plt.figure()
    figure = plt.plot(
        monthsString, data, color="black", label="Original %s Data" % title
    )
    figure = plt.plot(
        arimaModel.fittedvalues,
        color="red",
        marker="*",
        label="Arima-Model (%s,%s,%s)" % (p_parameter, d_parameter, q_parameter),
    )
    plt.legend()
    plt.xticks(rotation=90)
    print("\nArima Values:")
    for ind in range(len(arimaModel.fittedvalues)):
        print(arimaModel.fittedvalues[ind])
    return arimaModel, figure

# get prediction function
def getPrediction(originalData, fittedArima, title):
    prediction = fittedArima.get_prediction(len(originalData))
    print("\n%s prediction for next month" % title)
    print(prediction.predicted_mean)

# display dickey-fuller tests
checkStationarity(goldData, "gold reserves")
checkStationarity(inflationData, "inflation")
checkStationarity(debtData, "debt")

# display acf/pacf
plotACFandPACF(
    goldData, "No-differencing Gold Reserves ACF", "No-differencing Gold Reserves PACF"
)

```

```
plotACFandPACF(
  inflationData, "No-differencing Inflation ACF", "No-differencing Inflation PACF"
)
plotACFandPACF(
  differencingArray(debtData, 2),
  "2nd differencing Debt ACF",
  "2nd differencing Debt PACF",
)

# display auto arima results
calculateAutoArimaModel(goldData, "gold reserves")
calculateAutoArimaModel(inflationData, "inflation")
calculateAutoArimaModel(debtData, "debt")

# display arima model
goldArima = displayArimaResults(goldData, "Gold Reserves", 1, 0, 0, "2023-04")
inflationArima = displayArimaResults(inflationData, "Inflation", 1, 0, 0, "2023-04")
debtArima = displayArimaResults(debtData, "Debt", 2, 2, 1, "2023-03")

# get prediction for next month
getPrediction(goldData, goldArima[0], "Gold Reserves")
getPrediction(inflationData, inflationArima[0], "Inflation")
getPrediction(debtData, debtArima[0], "Debt")

plt.show()
```

Рецензія
на кваліфікаційну роботу бакалавра
студентки групи 124 – 19 – 1
спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи:

Обсяг кваліфікаційної роботи: _____

Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню та освітньо-професійній програмі спеціальності _____

Загальна характеристика кваліфікаційної роботи, ступінь використання нормативно-методичної літератури та передового досвіду

Позитивні сторони кваліфікаційної роботи:

Основні недоліки кваліфікаційної роботи:

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: _____

З урахуванням висловлених зауважень автор (не) заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Рецензент,

науковий ступінь, вчене звання, посада _____ / ПІБ