

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ В КОНТЕКСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНОГО КУРСУ

METHODS OF TIME SERIES ANALYSIS IN THE CONTEXT OF CURRENCY RATE FORECASTING

Гаврилюк Юрій Валентинович

Havryliuk Yurii

ORCID: 0009-0004-6112-0118

Деркач Юлія Борисівна

Анотація. *Стаття глибоко розкриває тему прогнозування валютних курсів, що є ключовим аспектом для розуміння та впливу на макроекономічну стабільність, особливо в умовах української економіки. Стаття проводить детальний аналіз різних методів прогнозування, фокусуючись на моделях ARIMA та VAR, які вважаються одними з найефективніших у багатовимірному економетричному аналізі. Особлива увага в статті приділяється здатності цих моделей моделювати складні взаємозв'язки між різними економічними показниками, а також їх гнучкості у включенні зовнішніх змінних, що мають велике значення у контексті прогнозування валютних курсів. Автори аналізують, як минулі значення однієї або кількох змінних можуть впливати на поточні значення інших змінних, тим самим надаючи комплексний погляд на динаміку валютного курсу та його залежність від різних економічних і неекономічних факторів. Також у статті розглядається важливість проведення імпульсного*

реагування аналізу, який дозволяє прослідкувати, як шоки в одній змінній розповсюджуються та впливають на інші змінні. Це особливо значуще для розуміння реакції економіки на політичні та економічні події, які можуть мати далекосяжні наслідки.

Стаття відіграє важливу роль у забезпеченні глибокого розуміння методології прогнозування валютних курсів, що є критично важливим для економічного планування та реалізації монетарної політики.

Ключові слова: Валютний Курс, Монетарна Політика, VAR Модель, ARIMA Модель, Монетарна Політика, Формування Очікувань, Тест На Причинність Грейнджера .

Abstract. *The article deeply explores currency forecasting, crucial for understanding and impacting macroeconomic stability, especially in Ukraine's economy. It analyzes various forecasting methods, focusing on ARIMA and VAR models, known for their effectiveness in multivariate econometric analysis. The article highlights these models' ability to simulate complex relationships between economic indicators and their flexibility in incorporating external variables, crucial for currency rate prediction. It examines the impact of past values on current variables, offering an insight into the currency rate dynamics and its dependency on various factors. The importance of impulse response analysis is also discussed, crucial for understanding the economy's reaction to political and economic events. This article plays a significant role in providing an in-depth understanding of currency rate forecasting methodology, essential for economic planning and monetary policy implementation.*

Key Words: *Currency Rate, Monetary Policy, VAR Model, ARIMA Model, Monetary Policy, Expectation Formation, Granger Causality Test.*

Постановка проблеми. Висока нестабільність та динамічність валютного ринку змушує суб'єктів та учасників вдаватися до методів обмеження валютного ризику, використовуючи хеджування та лімітування валютних ризиків. Обмеження валютного ризику є недостатнім для досягнення максимального

рівня прибутку та реалізації ефективної грошово-кредитної політики. Необхідним залишається розробка ефективних інструментів прогнозування валютного курсу [1]. Сезонна та авторегресивна залежність значень валютного курсу унеможливорює ефективне використання методів лінійної регресії. Актуальним є інтерпретація теоретичних результатів щодо процесів Маркова, стохастичних процесів, методів сучасного аналізу для ефективного аналізу економічних процесів. Саме адекватне розуміння динаміки розвитку валютного курсу, стає рушійним фактором

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема прогнозування та моделювання валютного курсу займає значне місце серед робіт вітчизняних та закордонних науковців. Група дослідників на чолі з Babu та Reddy досліджує прогнозування валютного курсу, використовуючи моделі ARIMA, нейронних мереж та нечітких нейронів [2]. Вони аналізують поведінку щоденних обмінних курсів індійської рупії по відношенню до долара США, британського фунта, євро та японської єни. Виявили, що модель ARIMA краще прогнозує валютні курси в Індії порівняно з більш складними нелінійними моделями.

Група дослідників під керівництвом Clements проводить дослідження, в якому використовуються методи сезонної інтеграції та коефіцієнти передачі для прогнозування валютних курсів [3]. Вони зосереджуються на впливі макроекономічних змінних та їх зв'язку з валютними курсами, наголошуючи на важливості довгострокового аналізу для ефективного прогнозування.

Дослідницька група на чолі з Tran Mong Uyen Ngan вивчає прогнозування валютних курсів за допомогою інтегрованих моделей, які поєднують класичні економетричні методи з сучасними підходами, такими як машинне навчання [4]. Вони демонструють, як поєднання різних моделей може покращити точність прогнозів.

У дослідженні, проведеному групою науковців під керівництвом Бобрицької Г., розглядаються виклики та можливості, пов'язані з прогнозуванням

валютних курсів у країнах з розвиненими та розвиваючимися економіками [6]. Вони аналізують роль політичних та економічних чинників та їх вплив на валютні курси, використовуючи комплексні економетричні моделі.

У дослідженні, проведеному Башко В. зосереджується увага на використанні нейронних мереж для прогнозування валютних курсів [7]. Автор оглядає різні типи нейронних мереж та їх ефективність для прогнозування валютного курсу.

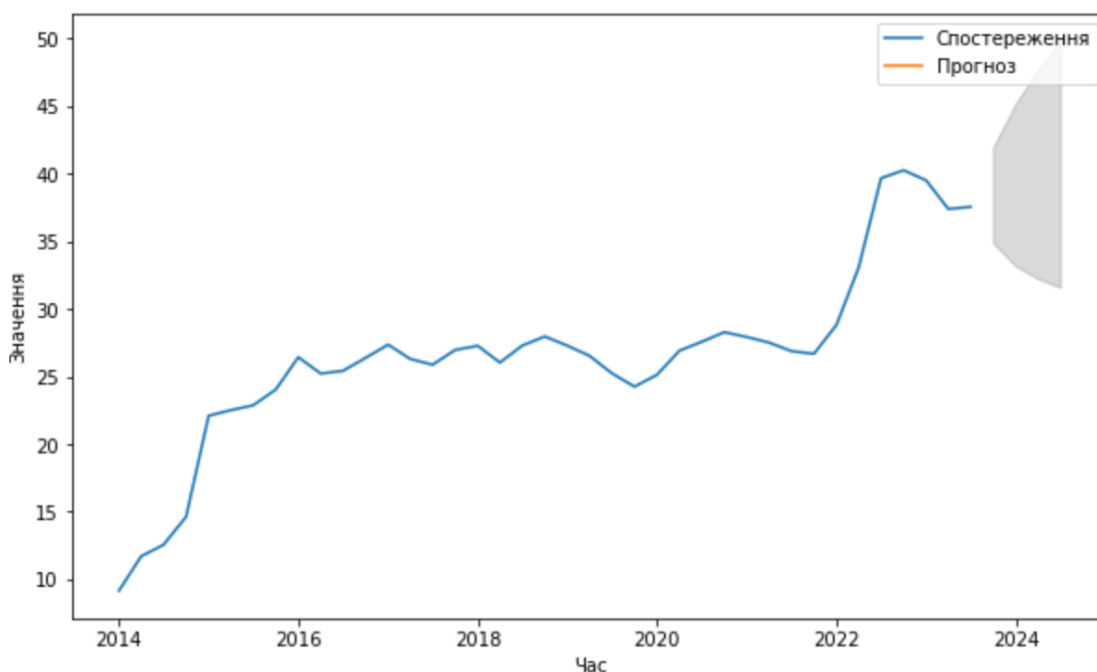
Але залишається нерозробленою модель середньострокового прогнозу валютного курсу, що здійснює оцінку на основі авторегресивного аналізу не лише попередніх значень валютного курсу, а й теоретичне та емпіричне обґрунтування регресуючих ознак, що можуть бути корисними для аналізу валютного курсу.

Постановка завдання. Метою статті є пошук, теоретичне та емпіричне обґрунтування чинників впливу на валютний курс з подальшою розробкою та аналізом моделі середньострокового прогнозування валютного курсу на основі векторної авторегресії (VAR).

Виклад основного матеріалу. Сучасна економічна теорія здійснює аналіз економічних процесів, враховуючи загальний ймовірнісний підхід, що при моделюванні кожного показника, додає певну шокову складову, що має місце, але є досить складною для прогнозування, фактором її впливу в основному є неекономічні фактори, при тому вважається, що математичне очікування даних показників є рівним нулю, а розподіл лишків відповідає нормальному розподілу. Наступним рушійним кроком у дослідженні макроекономічних показників є дослідження їх зі сторони теорії стохастичного числення. На даному етапі розвитку була розроблена модель для довгострокового економічного розвитку DSGE (dynamic stochastic general equilibrium model) [7]. Модель є глибокою та теоретичною і демонструє виключно трендові значення макроекономічних показників. Потребами суб'єктів господарювання, фінансових установ та

регуляторів є оперативна оцінка короткострокових та середньострокових показників валютного курсу.

Короткострокове прогнозування валютного курсу здійснюється за допомоги авторегресивних моделей (ARIMA та SARIMA models), основними перевагами даних методів є врахування низки неекономічних факторів, що можуть впливати на сезонність валютного курсу, та не можуть бути кількісно оцінені [8]. Додатковою перевагою даного аналізу є досить легка програмна реалізація та мінімальний обсяг інформації для отримання майбутніх значень. Зазначимо, що основним недоліком даного методу є нехтування динаміки загального розвитку економіки, регуляторних заходів, ймовірності настання кризових та сценаріїв дефолту для держави. Саме тому використання ARIMA моделі є недоцільним для проміжку часу більшого за 1 квартал, це і демонструють довірчі інтервали побудови ARIMA. Як ми бачимо з рисунку 1, після прогнозування значення валютного курсу на 3 місяці, довірчий інтервал є досить великим, адекватність моделі знижується та не несе жодний економічний зміст.



*Рис. 1. ARIMA моделювання для короткострокового прогнозування валютного курсу
UAH/USD*

Джерело: побудовано автором на основі [1]

Додатково варто зазначити, що для прогнозування валютного курсу для української економіки є недоцільним і навіть шкідливим використання показників до 2014 року, дана причина пов'язана з фіксацією валютного курсу, при якому фактори, що прямо або опосередковано впливають на значення валютного курсу відсутні, до того ж відсутня авторгересивна складова залежності валютного курсу від минулих значень, що спотворює результати моделювання за допомогою ARIMA моделі.

Для переходу до розробки короткострокової моделі прогнозу валютного курсу необхідним є опір наступного етапу дослідження на певну сформовану економічну доктрину (модель). Представники посткейнсіанська економічна школа є розробниками макроекономічної середньострокової прогнозної моделі QPM (Quarterly Projection Model) для малих відкритих економік, з плаваючим валютним курсом, основним режимом монетарної політики якої є інфляційне таргетування [9]. Для даної моделі трансмісійний механізм дії монетарної політики набуває наступного вигляду (рисунок 2).

на формування валютного курсу, а саме складова валютного курсу здійснює вплив на внутрішній та національний продукт держави.

Облікова ставка є ключовим інструментом в арсеналі монетарної політики Національного банку України (НБУ), спрямованою на реалізацію контролю над інфляцією і утримування її у визначених цільових рамках. Починаючи з 2019 року, вказана ставка була встановлена на рівні 5% з можливістю коливань на 1 відсотковий пункт. Облікова ставка впливає на економіку шляхом регулювання рефінансування комерційних банків та залучення депозитів, розмір процентних ставок по яких тісно корелюється з обліковою ставкою. Зміни в обліковій ставці мають значний вплив на дохідність гривневих фінансових інструментів, оскільки ставки на міжбанківському ринку є залежними від неї.

У контексті облігацій внутрішньої державної позики (ОВДП) України, їх дохідність формується ринком з урахуванням поточних фінансових потреб Міністерства фінансів. Проте, ці дохідності також реагують на зміни в обліковій ставці НБУ. Зміни у дохідності гривневих ОВДП впливають на їх привабливість у порівнянні з інвестиціями в інші світові валюти, що, у свою чергу, веде до змін в потоках міжнародного капіталу. Це сприяє коливанням у пропозиції іноземної валюти на внутрішньому ринку і, відповідно, впливає на курс гривні. Таким чином, зростання облікової ставки може зміцнити курс гривні, тоді як її зниження може призвести до його ослаблення. Водночас, слід враховувати глобальний контекст, особливо монетарну політику Федеральної резервної системи США (ФРС). Наприклад, недавнє оголошення ФРС про підвищення своєї ключової ставки у 2023 році може негативно відобразитися на фінансових умовах для України та інших країн, що розвиваються, зважаючи на зростання прибутковості цінних паперів США.

Наявність або відсутність обмежень на міжнародний рух капіталу також важлива. Зокрема, приєднання України до міжнародного депозитарію Clearstream у 2019 році збільшило доступність ОВДП для іноземних інвесторів, що має

значний вплив на їх привабливість на міжнародному рівні. Саме привабливість гривневих депозитів та ОВДП стали рушійним фактором у переході Національного банку України до режиму «керованої гнучкості», стабілізувавши валютний ринок та ставши джерелом походження валюти для підтримання платіжного балансу України.

Невеликий дисбаланс у балансі поточних операцій, який складає від 2 до 5 відсотків від внутрішнього валового продукту (ВВП), вважається стандартним явищем для багатьох розвиваючихся країн. Високий рівень внутрішнього споживання в цих країнах часто покривається за рахунок залучення зовнішніх інвестицій. Значне перевищення дефіциту може бути ознакою надмірної оцінки національної валюти. Наприклад, в Україні дефіцит поточного рахунку досяг 6,7% від ВВП у 2008 році та 8,7% у 2013 році, що попереджало про неминучу девальвацію [1]. Надлишковий дефіцит у балансі поточних операцій підвищує ризик для країни у випадку раптового припинення потоку іноземних інвестицій. Для вирівнювання дефіциту часто використовуються міжнародні резерви центрального банку, що може спричинити за собою девальвацію національної валюти для врегулювання економічного дисбалансу.

Мала відкрита економіка України, демонструє чутливість до несподіваних коливань у балансі попиту та пропозиції на валютному ринку, що може призвести до значних коливань валютного курсу. Центральний банк здійснює інтервенції на валютному ринку, що дозволяє стабілізувати обмінний курс і, відповідно, ціни для споживачів. До того ж, перспективи та обсяги майбутніх валютних інтервенцій впливають на формування валютного курсу. Ринкові учасники аналізують сигнали від центрального банку щодо його намірів здійснювати інтервенції, що в свою чергу впливає на їхні очікування та поведінку на ринку.

Це може призвести до корекцій у валютному курсі, відображаючи сприйняття майбутньої політики центрального банку.

Гаполуюча інфляція змушує тримачів національної грошової одиниці відмовлятися від неї, переходячи до інших ліквідних засобів збереження реального багатства. Найбільш вільно доступний та вільно-конвертований у національну валюту актив є іноземна валюта, саме тому досить сильне, стрімке та постійне підвищення цін стає причиною значного зростання валютного курсу.

Варто зазначити, що вплив даних показників є не миттєвим, а зі значним часовим лагом, для прикладу облікова ставка діє на економічні процеси з лагом 9-18 місяців, а вплив стану платіжного балансу та обсягів інтервенцій стає помітним лише після 4-6 місяців [10].

Для емпіричного аналізу причино-наслідкових зав'язків між валютним курсом та вище проаналізованими факторами впливу доцільним є використання тесту на причинність Грейнджера (Granger causality test), що полягає в оцінці коефіцієнтів векторно-авторегресивної моделі. Для двох обраних ознак будуються два регресивні рівняння:

$$y_t = a_0 + a_{11}y_{t-1} + a_{12}y_{t-2} + \dots + a_{1n}y_{t-n} + a_{21}x_{t-1} + a_{22}x_{t-2} + \dots + a_{2n}x_{t-n}$$

$$x_t = b_0 + b_{11}x_{t-1} + b_{12}x_{t-2} + \dots + b_{1n}x_{t-n} + b_{21}y_{t-1} + b_{22}y_{t-2} + \dots + b_{2n}y_{t-n}$$

Та формуються дві гіпотези:

- 1 Нульова гіпотеза (H_0) - x не є причиною y за Грейнджером, тобто

$$a_{21} = a_{22} = \dots = a_{2n} = 0$$

- 2 Альтернативна гіпотеза (H_1) - x є причиною y за Грейнджером [12].

Перевірка гіпотези для кожного з коефіцієнтів будемо здійснювати за допомоги аналізу $p - value$, тобто оцінюючи значущість даного показника для прогнозування валютного курсу. Нульова гіпотеза відхиляється та приймається альтернативна гіпотеза, якщо $p - value$ є меншим від 0,05. У випадку якщо значення $p - value$ є більшим за 0,05 приймається гіпотеза першого рівня. Проведемо даний аналіз та занесемо результати до наступної таблиці.

Таблиця 1

Результати тестування на причинність за Грейнджером

Фактор	Після 2014		До 2014	
	P value	Висновок	P value	Висновок
GDP	0.2092	NO		
INT_NBU	0.0003555	OK		
P_B_S	0.007099	OK	Не репрезентативна	
RS	0.004565	OK		
CPI	0.7429	NO		
RES	0.2559	NO		

Умовні позначення:

GDP – Валовий внутрішній продукт;

INT_NBU – агрегований щоквартальний розмір інтервенцій НБУ;

P_B_S – сальдо платіжного балансу;

RS – облікова ставка;

CPI – рівень інфляції;

RES – золото-валютні резерви станом на кінець кварталу;

NO - *x* не є причиною валютного курсу за Грейнджером;

OK - *x* є причиною валютного курсу за Грейнджером;

Джерело: побудовано автором на основі [1]

Емпіричний аналіз продемонстрував, що значущими та єдиними впливовими факторами формування валютного курсу на даному етапі розвитку економіки України є: обсяг інтервенцій НБУ, сальдо платіжного балансу та облікова ставка.

Варто знову підкреслити, що класична лінійна регресія для аналізу складних сезонних показників є недоцільною. Для доведення цього факту наведемо кореляційну таблицю досліджуваних на тест на причинність за Грейнджером (таблиця 2).

Таблиця 2

Кореляційна таблиця факторів впливу на формування валютного курсу

	GDP	CPI	S	RS	RES_S	INT_NBU	P_B_S
GDP	1						

CPI	-0.4151836	1					
S	0.14208663	-0.1821409	1				
RS	-0.3493186	0.49203691	0.25344368	1			
RES_S	0.3207999	-0.2424336	0.64816523	-0.1023232	1		
INT_NBU	-0.1822041	-0.1330278	-0.3083166	-0.4072203	-0.3476974	1	
P_B_S	0.24225116	-0.3240736	0.49677219	-0.1638213	0.28878242	-0.0718422	1

Джерело: побудовано автором на основі [1]

Коефіцієнти лінійної кореляції є близькими до нуля, що робить неможливим адекватне та доцільне прогнозування валютного курсу за допомоги багатofакторної лінійної регресії.

Наступним етапом розробки моделі є інтерпретація результатів та побудова векторної авторегресивної моделі. Модель векторної авторегресії (VAR) є одним із найефективніших та широко використовуваних методів у багатовимірному економетричному аналізі [11]. Основні переваги моделі VAR включають:

- 1 Здатність моделювати складні взаємозв'язки між змінними:** VAR може аналізувати систему, коли існують взаємозв'язки між багатьма змінними. Тому VAR добре підходить для вивчення системи, де змінні взаємопов'язані та впливають одна на одну.
- 2 Використання часових затримок змінних як пояснювальних факторів:** Це дозволяє досліджувати, як попередні значення однієї або декількох змінних впливають на поточні значення інших факторів.
- 3 Гнучкість у включенні зовнішніх (екзогенних) змінних:** Це також може бути корисним при моделюванні екзогенних шоків або політичних впливів на набір змінних системи.
- 4 Проведення аналізу імпульсної реакції:** VAR дозволяє вивчати поширення шоків у різних змінних моделі, через кожну з них.
- 5 Прогнозування за допомогою системи рівнянь:** Модель VAR корисна, оскільки вона може передбачати різні змінні одночасно, що є цінним для багатовимірних систем.

6 Адекватність у моделюванні стаціонарних часових рядів: VAR призначена для роботи з даними, які мають властивості стаціонарності.

Загальне рівняння VAR моделі визначає наступне:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^{n_1} a_{1i} \cdot y_{t-i} + \sum_{i=1}^{n_2} a_{2i} \cdot x_{1t-i} + \dots \sum_{i=1}^{n_m} a_{mi} \cdot x_{mt-i}$$

Використовуючи, теоретично обґрунтований часовий лаг для вибраних показників (2 квартали) отримаємо наступний загальний вид рівняння:

$$S_{ts} = S_{ts.l1} + INT_NBU_{ts.l1} + P_B_S_{ts.l1} + RS_{ts.l1} + S_{ts.l2} + INT_NBU_{ts.l2} + P_B_S_{ts.l2} + RS_{ts.l2} + const$$

За допомогою програмних засобів здійснимо розрахунок для кожного коефіцієнта (таблиця 3).

Таблиця 3

Розрахунок параметрів VAR моделі прогнозування валютного курсу

Коефіцієнт при додатку	Назва доданку	Значення
S_ts.l1	Валютний курс в t-1 кварталі	9.450532e-01
INT_NBU_ts.l1	Інтервенції НБУ за t-1 квартал	-5.434353e-01
P_B_S_ts.l1	Сальдо платіжного балансу в t-1 кварталі	-4.605926e-04
RS_ts.l1	Середньозважена облікова ставка в t-1 кварталі	7.651501e-02
S_ts.l2	Валютний курс в t-2 кварталі	2.891912e-03
INT_NBU_ts.l2	Інтервенції НБУ за t-2 квартал	-6.269131e-02
P_B_S_ts.l2	Сальдо платіжного балансу в t-2 кварталі	-3.195329e-05
RS_ts.l2	Середньозважена облікова ставка в t-2 кварталі	-6.770545e-02
const	Константа	1.859146e+00

Джерело: побудовано автором на основі [1]

Розрахуємо R-squared (R^2)

$$R^2 = 0.9213$$

Значення R-squared більше ніж 0,7, що свідчить мінімальну частку відхилень між теоретичними та емпіричними значеннями. Для додаткової впевненості розрахуємо adjusted R-squared ($adj. R^2$):

$$adj. R^2 = 0,9390$$

Що повторно підтверджує нашу гіпотезу про достовірність та адекватність моделі.

На основі векторної авторегресивної моделі залишається можливим ефективне середньострокове прогнозування аналізованої величини, в даному випадку валютного курсу. Тому розрахуємо прогнозні значення валютного курсу для наступних 10 кварталів (таблиця 4).

Таблиця 4

Прогнозні значення валютного курсу

Квартал	S_baseline	S_low 95%	S_upper 95%
2023Q4	36.75481	34.04098	39.46864
2024Q1	36.46533	32.21489	40.71576
2024Q2	34.61539	28.86443	40.36636
2024Q3	32.47847	25.67588	39.28106
2024Q4	30.70444	23.03799	38.37089
2025Q1	29.12095	20.76558	37.47631
2025Q2	27.90288	19.0645	36.74126
2025Q3	27.23273	18.03409	36.43137
2025Q4	27.06487	17.57295	36.55679
2026Q1	27.32096	17.56765	37.07426

Джерело: побудовано автором на основі [1]

Відобразивши графічно отримані значення, можемо зробити висновок про подальшу позитивну динаміку валютного курсу валютної пари USD/UAH, що свідчить про вирівнювання шоків пропозиції, спричинених військовими діями, дефіциту на валютному ринку, різке негативне сальдо міжнародної торгівлі. Отриманий аналіз дозволяє рекомендувати поступовий перехід Національним банком України до плаваючого валютного курсу.

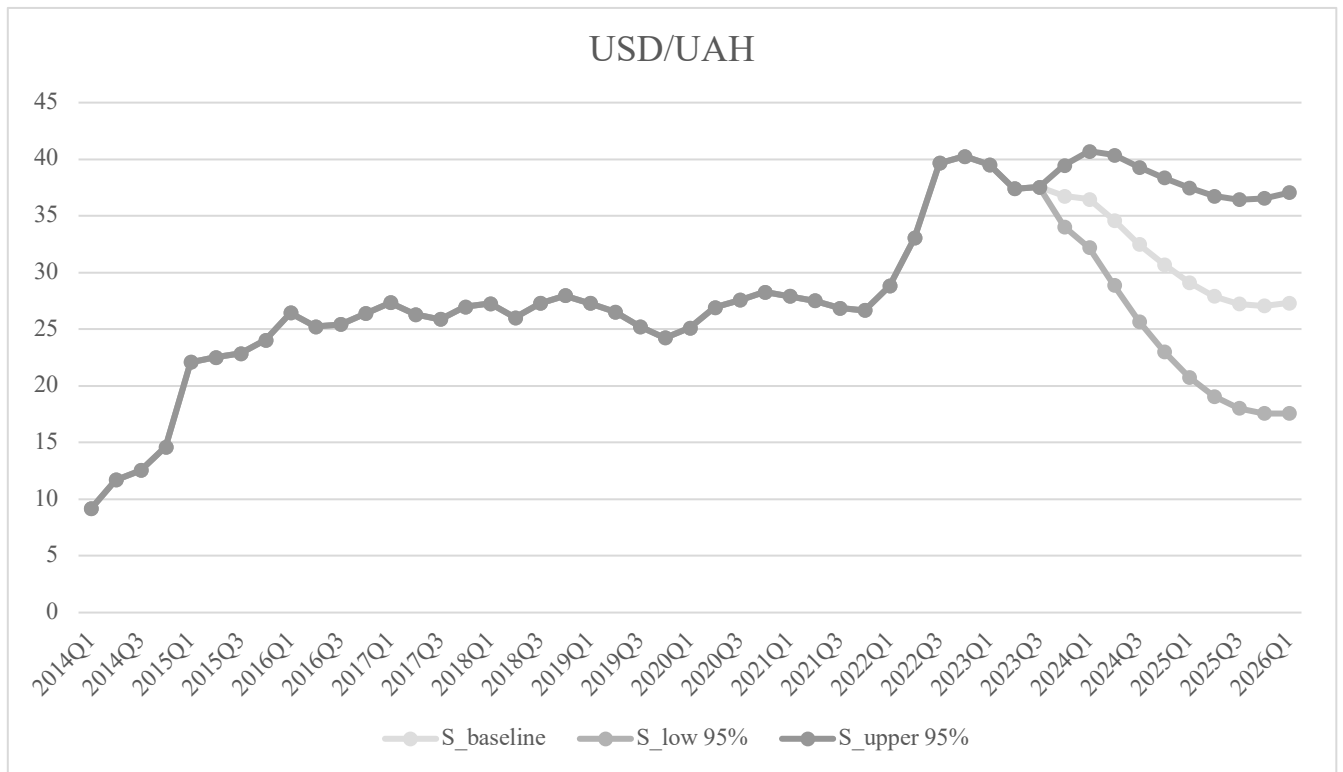


Рис 3. Прогнозні значення валютного курсу валютної пари USD/UAH та 95% довірчий інтервал

Джерело: побудовано автором на основі [1]

Висновки. Отже, нами було детально розглянуто важливість та ефективність використання моделі векторної авторегресії (VAR) для аналізу та прогнозування валютного курсу, особливо у контексті України. Значним є внесок VAR у розуміння складних взаємозв'язків між економічними показниками, її здатність включати часові затримки та екзогенні змінні, що забезпечує більш глибокий та об'ємний аналіз. Модель також демонструє високу адекватність у прогнозуванні валютного курсу, що відкриває можливості для ефективного використання у коротко- та середньостроковому плануванні, особливо в умовах розвиваючої економіки, як в Україні.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

- 1 Національний банк України. Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua> (дата звернення: 01.12.2023).

- 2 Babu, A. S., & Reddy, S. K. (2015). Exchange rate forecasting using ARIMA. Neural Network and Fuzzy Neuron, Journal of Stock & Forex Trading, 4(3), 01-05.
- 3 Clements, K. W., & Lan, Y. (2010). A new approach to forecasting exchange rates. Journal of International Money and Finance, 29(7), 1424-1437.
- 4 Ngan, T. M. U. (2013). Forecasting foreign exchange rate by using ARIMA model: A case of VND/USD exchange rate. *Methodology*, 2014, 2015.
- 5 Bobrytska, H. S., Petrenko, O. Y., & Filatova, L. D. (2017). Математичне моделювання прогнозу валютного курсу в Україні в умовах кризового стану. Financial and credit activity problems of theory and practice, 2(23), 268-273.
- 6 Башко, В. (2015). Прогнозування валютного курсу в Україні. Вісник Національного банку України, (1), 14-19.
- 7 Del Negro, M., & Schorfheide, F. (2013). DSGE model-based forecasting. In *Handbook of economic forecasting* (Vol. 2, pp. 57-140). Elsevier.
- 8 Piccolo, Domenico. A distance measure for classifying ARIMA models. Journal of time series analysis. 1990. 11(2). 153-164.
- 9 Coletti, D., Hunt, B., Rose, D., & Tetlow, R. (1996). *The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model, Part 3. The Dynamic Model: QPM* (No. 75). Bank of Canada.
- 10 Сорока, С. П. (2009). Валютний курс і його фактори в умовах фінансової нестабільності. *Економіка. Управління. Інновації. Серія: Економічні науки*, (2).
- 11 Nakajima, J. (2011). Time-varying parameter VAR model with stochastic volatility: An overview of methodology and empirical applications.
- 12 Lopez, L., & Weber, S. (2017). Testing for Granger causality in panel data. *The Stata Journal*, 17(4), 972-984.

REFERENCES:

- 1 Natsionalnyi bank Ukrainy. Natsionalnyi bank Ukrainy. URL: <https://bank.gov.ua> (date of access: 01.12.2023). (in Ukrainian)
- 2 Babu, A. S., & Reddy, S. K. (2015). Exchange rate forecasting using ARIMA. Neural Network and Fuzzy Neuron, Journal of Stock & Forex Trading, 4(3), 01-05. (in English)
- 3 Clements, K. W., & Lan, Y. (2010). A new approach to forecasting exchange rates. Journal of International Money and Finance, 29(7), 1424-1437. (in English)
- 4 Ngan, T. M. U. (2013). Forecasting foreign exchange rate by using ARIMA model: A case of VND/USD exchange rate. Methodology, 2014, 2015. (in English)
- 5 Bobrytska, H. S., Petrenko, O. Y., & Filatova, L. D. (2017). Matematychni modeliuvannia prohnozu valiutnoho kursu v Ukraini v umovakh kryzovoho stanu. Financial and credit activity problems of theory and practice, 2(23), 268-273. (in Ukrainian)
- 6 Bashko, V. (2015). Prohnozuvannia valiutnoho kursu v Ukraini. Visnyk Natsionalnoho banku Ukrainy, (1), 14-19. (in Ukrainian)
- 7 Del Negro, M., & Schorfheide, F. (2013). DSGE model-based forecasting. In Handbook of economic forecasting (Vol. 2, pp. 57-140). Elsevier. (in English)
- 8 Piccolo, Domenico. A distance measure for classifying ARIMA models. Journal of time series analysis. 1990. 11(2). 153-164. (in English)
- 9 Coletti, D., Hunt, B., Rose, D., & Tetlow, R. (1996). The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model, Part 3. The Dynamic Model: QPM (No. 75). Bank of Canada. (in English)
- 10 Soroka, S. P. (2009). Valiutnyi kurs i yoho faktory v umovakh finansovoi nestabilnosti. Ekonomika. Upravlinnia. Innovatsii. Seriia: Ekonomichni nauky, (2). (in Ukrainian)

- 11 Nakajima, J. (2011). Time-varying parameter VAR model with stochastic volatility: An overview of methodology and empirical applications. (in English)
- 12 Lopez, L., & Weber, S. (2017). Testing for Granger causality in panel data. *The Stata Journal*, 17(4), 972-984. (in English)