

## Підхід до прогнозування зовнішнього державного боргу України

Разінькова М. Ю.<sup>1</sup>

Опубліковано	Секція	УДК
30.12.2023	Економіка	336.27

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14018115>

**Анотація.** Ефективно налагоджена система прогнозування є важливим інструментом забезпечення сталого економічного розвитку та запобігання кризовим явищам, викликаним надмірним зростанням зовнішнього боргу. Водночас неточні прогнози зовнішнього боргу можуть мати серйозні наслідки для фінансової стабільності та економічного розвитку країни. Метою статті визначено розробку підходу для коротко- та середньострокового прогнозування зовнішнього державного боргу, завдяки якому можливою стане мінімізація фінансових ризиків. Наведено моделі, що використовуються найчастіше при аналізі часових рядів. Наведено результати прогнозу зовнішнього державного боргу України (на основі лінії тренду, методом експоненціального згладжування, на основі авторегресійної моделі). Побудована корелограма зовнішнього державного боргу України. Наведено науково-методичний підхід до прогнозування зовнішнього державного боргу України. Екстраполяція лінії тренду є простим методом прогнозування державного зовнішнього боргу з використанням лінійного підходу. Цей підхід може бути ефективним у стабільних умовах, але може недооцінювати складну динаміку, яка характеризує економічну ситуацію в країні. Використання експоненціального згладжування дозволяє врахувати вагу значень даних. Цей метод особливо корисний для визначення діапазону тенденцій змін. Однак він може бути чутливим до раптових коливань, які не є рідкістю в економічних процесах, особливо в ситуаціях невизначеності і, зокрема, економічних криз. Використання моделей ARMA відображає можливість розглянути як структурні, так і стохастичні аспекти часових рядів зовнішнього боргу. Цей підхід найбільш близький до реальності, але обмежується короткостроковими прогнозами. Прогнозування державного боргу в умовах військового конфлікту потребує врахування ряду факторів та розгляду можливих стратегій управління фінансами та реагування на зовнішні та внутрішні економічні виклики. Аналіз прикладів і використання економетричних моделей допомагають розробляти точніші прогнози в невизначених умовах військових дій.

**Ключові слова:** борг, зовнішній державний борг, прогнозування, невизначеність, моделі, підхід, держава

<sup>1</sup> кандидат економічних наук, доцент Університет митної справи та фінанси <https://orcid.org/0000-0002-1590-7428>

## An approach to forecasting Ukraine's external public debt

**Annotation.** An effectively established forecasting system is an important tool for ensuring sustainable economic development and preventing crisis phenomena caused by excessive growth of external debt. At the same time, inaccurate foreign debt forecasts can have serious consequences for the country's financial stability and economic development. The purpose of the article is to develop an approach for short- and medium-term forecasting of external public debt, thanks to which it will become possible to minimize financial risks. The models most often used in the analysis of time series are presented. The results of the forecast of the external public debt of Ukraine (based on the trend line, using the exponential smoothing method, based on the autoregressive model) are presented. The correlogram of Ukraine's external public debt was constructed. A scientific and methodological approach to forecasting Ukraine's external public debt is given. Trend line extrapolation is a simple method of forecasting public external debt using a linear approach. This approach can be effective in stable conditions, but may underestimate the complex dynamics that characterize the economic situation in a country. The use of exponential smoothing allows you to take into account the weight of the data values. This method is particularly useful for determining the range of changing trends. However, it can be sensitive to sudden fluctuations, which are not uncommon in economic processes, especially in situations of uncertainty and, in particular, economic crises. The use of ARMA models reflects the possibility to consider both structural and stochastic aspects of external debt time series. This approach is the closest to reality, but is limited to short-term forecasts. Forecasting the national debt in the conditions of a military conflict requires taking into account a number of factors and considering possible strategies for managing finances and responding to external and internal economic challenges. Analysis of examples and the use of econometric models help to develop more accurate forecasts in the uncertain conditions of military operations.

**Keywords:** debt, external public debt, forecasting, uncertainty, models, approach, state

### Вступ

Основним інструментом системи управління державним зовнішнім боргом є системний прогноз, який дозволяє повністю оцінити можливі ризики, спланувати стратегії зниження боргового навантаження та сприяти стабільності фінансової системи. Ефективно налагоджена система прогнозування є важливим інструментом забезпечення сталого економічного розвитку та запобігання кризовим явищам, викликаним надмірним зростанням зовнішнього боргу. Водночас неточні прогнози зовнішнього боргу можуть мати серйозні наслідки для фінансової стабільності та економічного розвитку країни. Враховуючи важливість точності прогнозів і, що найважливіше, оперативності, важливо зосередитися на використанні прогнозних моделей, заснованих на попередніх даних. Такий підхід дозволяє ефективно адаптувати модель до мінливих умов і робити прогнози на основі наявних даних, забезпечуючи при цьому підвищену ефективність вирішення управлінських завдань.

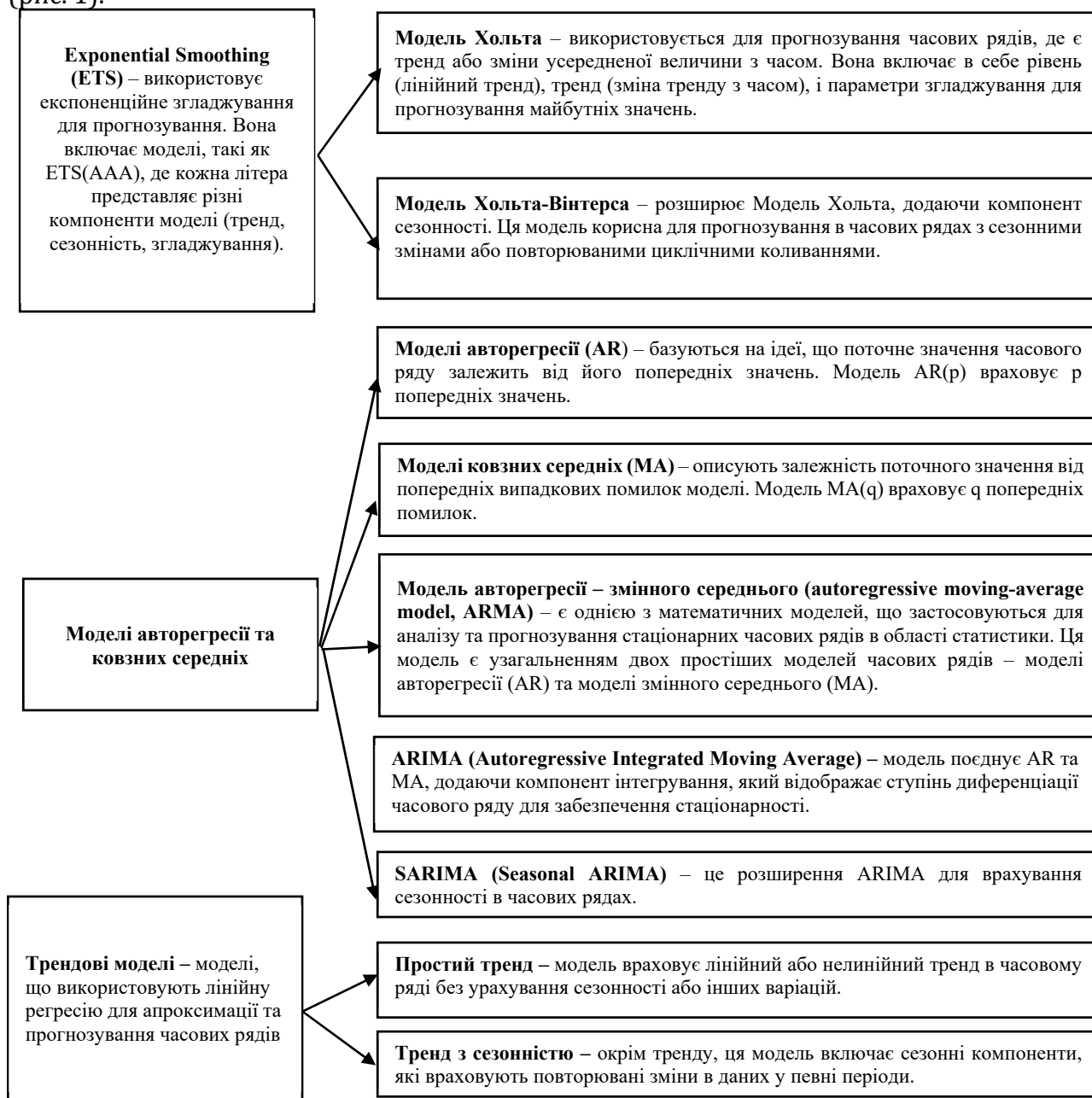
Вітчизняні та зарубіжні дослідники при дослідженні управління зовнішнім державним боргом наголошували на важливості боргової безпеки та ефективного розподілу ресурсів. Зокрема, С. Reinhart та К. Rogoff [9], [10], проводили фундаментальне дослідження, аналізуючи історію боргових криз і підкреслюючи циклічний характер накопичення боргу. Їхня робота закладає основу для подальших досліджень факторів, що впливають на динаміку зовнішнього боргу. Зв'язок між зовнішнім державним боргом і невизначеністю (турбулентністю) особливо помітний під час військових конфліктів. В. Eichengreen та R. Portes [4] дослідили зв'язок між війною та боргом, відзначивши тенденцію до збільшення запозичень під час конфліктів. Спираючись на виклики, які

несе з собою війна, P.Collier та A.Hoeffler [3], Г. Філатова [5] досліджували динаміку постконфліктного боргу. Їхній аналіз підкреслив необхідність цільового списання боргів, стратегій післявоєнної відбудови та міжнародної співпраці для вирішення унікальних проблем, з якими стикаються країни, що виходять з конфлікту.

*Метою статті* визначено розробку підходу для коротко- та середньострокового прогнозування зовнішнього державного боргу, завдяки якому можливою стане мінімізація фінансових ризиків.

### Результати

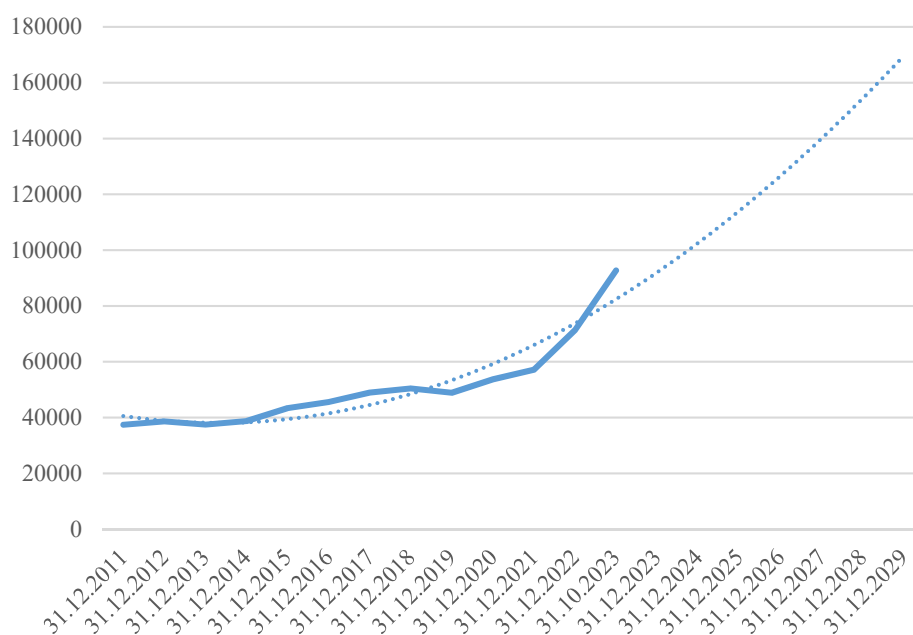
Основним компонентом системи прогнозування є аналіз часових рядів, який передбачає вивчення минулих тенденцій і закономірностей у сфері зовнішнього боргу України. Загалом, при аналізі часових рядів найчастіше використовуються різні моделі (рис. 1).



**Рис. 1. Моделі прогнозування часових рядів на основі попередніх значень**

*Джерело: побудовано авторкою на основі даних [2], [5], [6], [8].*

Результати прогнозу зовнішнього державного боргу, показані на рисунку 2, представляють певну траєкторію боргу, але не вказують його суму. Зрештою, висновки на основі лінії тренду базуються на припущенні, що існуючі тенденції зовнішнього державного боргу збережуться в майбутньому. Цей прогноз ґрунтується на тому факті, що попередні тенденції витрат і боргу можуть вказувати на закономірність змін, яка збережеться в майбутньому. Очікується, що зовнішній борг країни перевищить верхню межу в 160 мільярдів доларів США. Однак важливо враховувати, що під час економічної кризи, політичної нестабільності чи інших кризових ситуацій можуть відбутися раптові та значні зміни. Зокрема, у ситуаціях, коли відбуваються складні та непередбачені зміни, такий підхід може недооцінити або надмірно спростити ситуацію. Тому цей метод можна використовувати в ситуаціях невизначеності (турбулентності) лише тоді, коли потрібні короткострокові прогнози.

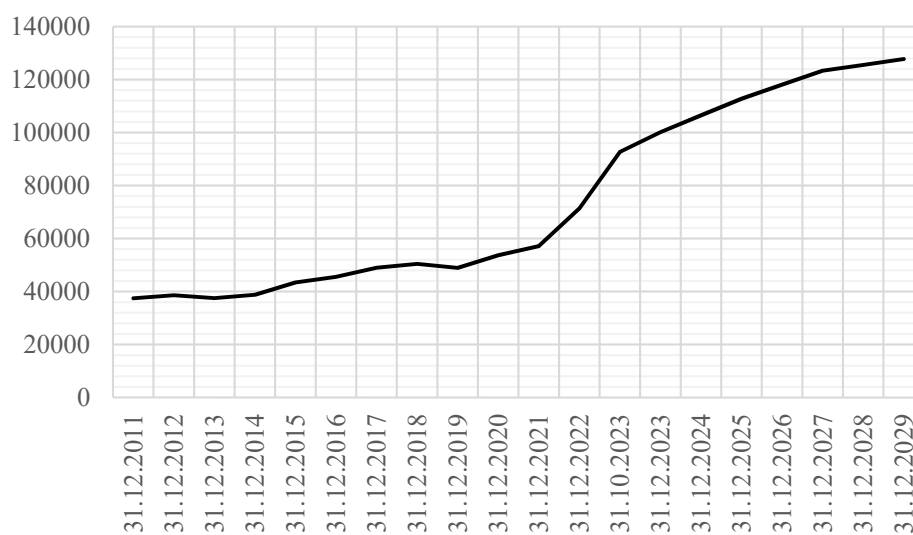


**Рис. 2. Прогнозування зовнішнього державного боргу на основі лінії тренду, млн. дол. США**

*Джерело: побудовано авторкою*

Наступний метод, який можна використовувати для прогнозування зовнішнього боргу, це експоненціальне згладжування. Для прогнозування зовнішнього боргу України використовується варіант методу експоненційного згладжування Хольта (експоненціальне згладжування з трендом), що дозволяє врахувати тренд часового ряду. Формула експоненціального згладжування Хольта включає два етапи: згладжування рядів і обчислення тренду.

Результати прогнозування наведено на рисунку 3. Значення коефіцієнтів згладжування дорівнює 0,21. На рисунку 3 показано прогнозоване зростання зовнішнього боргу України. Але на відміну від попередніх результатів, він має тенденцію до зростання. У ситуаціях невизначеності підхід експоненціального згладжування до прогнозування зовнішнього боргу є привабливим через його простоту застосування та можливість швидкого прогнозування.



**Рис. 3. Прогнозування зовнішнього державного боргу методом експоненціального згладжування, млн дол. США**

*Джерело: побудовано авторкою*

Серед методів, показаних на рисунку 1, одним із найефективніших є той, що базується на використанні авторегресійних моделей, у яких залежна змінна визначається своїм власним значенням, але затримується на певну кількість спостережень у минулому. При створенні авторегресійних моделей для аналізу часових рядів важливо враховувати особливості динаміки їх зміни. Щоб врахувати необхідність універсальності та складності аналізу часових рядів, пропонується використовувати індекс Херста як міру стійкості послідовності. Цей показник зменшується при збільшенні затримки між двома парами однакових значень у часовому ряді [8]. Для розрахунку індексу Херста (стандартна назва цього показника  $H$ ) використовується метод аналізу  $R/S$  як метод нормалізованих кумулятивних коливань часового ряду. Відрізки ліній, що проходять через осі координат, визначаються як оцінки постійного логарифма ( $c$ ). Кут нахилу прямої лінії в рівнянні регресії використовується як оцінка індексу Херста. Експонента Херста може бути в інтервалі  $[0;1]$ . У процесі розрахунку ми отримали наступний ряд даних для показників. Нам потрібно побудувати рівняння регресії у вигляді  $\log(R/S)=\log(c)+H\log(n)$  (табл. 1). Для авторегресійної моделі використано місячні дані про зовнішній борг України.

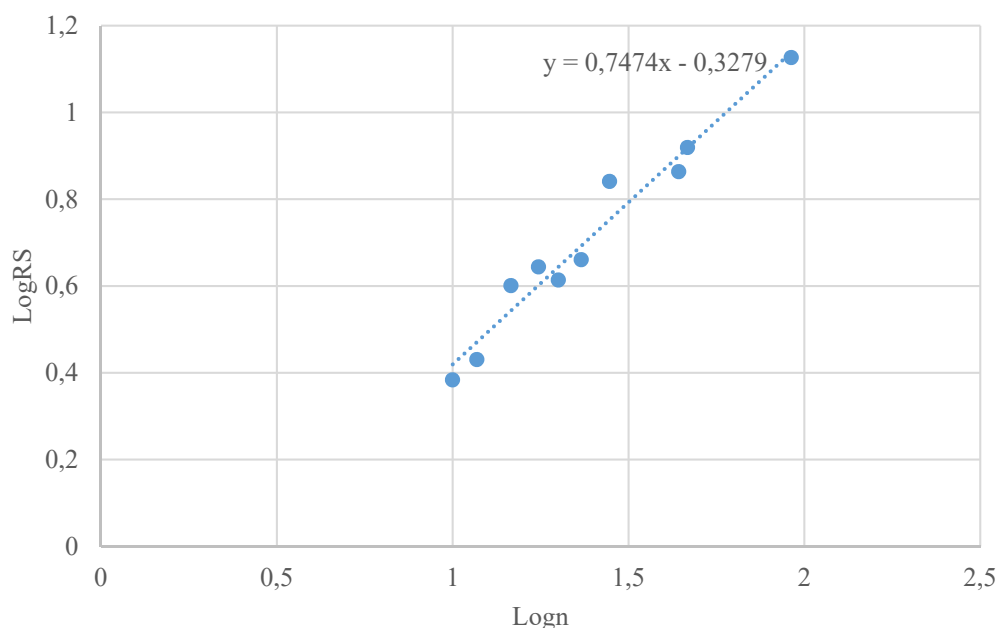
Базуючись на даних таблиці 1 було побудовано рівняння регресії наступного вигляду (рис. 4). Отже, нахил лінії рівняння регресії становить 0,747, що вказує на значення показника  $H$ . Високий рівень персистентності вказує на наявність автокореляції в динаміці зовнішнього боргу та підтверджує можливість використання авторегресійних моделей для прогнозування динаміки зовнішнього боргу.

*Таблиця 1*

**Проміжні дані для розрахунку показника Херста**

<b>Logn</b>	<b>logRS</b>
1	0,383699
1,069181	0,43063
1,166091	0,600988
1,244263	0,644164
1,30103	0,613996
1,366121	0,660666
1,446303	0,84103

1,643213	0,863608
1,668141	0,9193
1,963233	1,126666



**Рис. 4. Рівняння регресії для розрахунку показника Херста**

Наступним етапом побудови авторегресійної моделі є перевірка стаціонарності ряду. Щоб переконатися, що цей ряд зовнішнього державного боргу є стаціонарним, застосовується критерій Дікі-Фуллера, який перевіряє гіпотезу про наявність одиничного кореня в часовому ряді. Якщо значення р-рівня значущості менше заданого порогу (зазвичай 0,05), гіпотеза про нестаціонарність відхиляється, а ряд вважається стаціонарним. Крім того, розраховане значення та критичне значення статистики  $\tau$  є ключовими показниками для виконання тесту Дікі-Фуллера. Результати тесту прогнозування аналізу зовнішнього боргу наведено на рисунку 5. Результати демонструють стаціонарність ряду. Перевірка стаціонарності проаналізованих даних показала, що вони можуть бути використані в авторегресійних моделях.

Оскільки деякі початкові дані про зовнішній державний борг є фіксованими і не потребують подальшої трансформації, для прогнозування його значень буде використано авторегресійну модель ковзного середнього ARMA. Модель ARMA узагальнює дві простіші моделі часових рядів – модель авторегресії (AR) і модель ковзного середнього (MA) [7], [11].

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.436071	0.0000
Test critical values: 1% level	-1.478524	
5% level	-1.096457	
10% level	-1.005748	

**Рис. 5. Результати виконання Дікі-Фуллер тесту перевірки часового ряду зовнішнього державного боргу на стаціонарність**

*Джерело: авторські розрахунки*

У таблиці 2 наведено оцінки функцій ACF та PACF зовнішнього боргу України, використані для початкового визначення типу процесу та кількості лагів, включених до моделі ARMA. Аналіз даних, наведених у таблиці, показує, що відставання на 1 є значним.

Для побудови прогнозованих значень трансформованого часового ряду зовнішнього боргу України параметри моделі ARMA були оцінені різною кількістю параметрів  $p$  і  $q$  від 1 до 12. Після цього модель має мінімальне значення серед вибраних критеріїв SIC та AIC для подальшого аналізу. Після послідовних оцінок компонентів AR було виявлено, що модель із загальною формальною специфікацією ARMA (1;5) досягла мінімальних значень SIC і AIC.

Таким чином, модель ARMA (1;5) найбільш точно описує динамічний тренд зовнішнього державного боргу і, отже, забезпечує найвищу точність для подальших прогнозів. Рівняння (1) відображає цю модель у форматі, створеному програмним продуктом Eviews:

$$PEPD = 28459 + 0.8796 * AR_{t-1} + 0,8745MA_{t-5} \quad (1)$$

Значення коефіцієнтів (0,8796 і 0,8745) вказують на силу зв'язку між значенням ряду і його відставанням. Ці коефіцієнти можуть допомогти зрозуміти динаміку та залежності між різними періодами часового ряду. Рівняння регресії в рамках розробленої моделі ARMA є статистично значущим, про що свідчить значення критерію Фішера, а залишки оціненого підсумкового рівняння є білим шумом. Надалі регресійні залишки необхідно розділити на окремі часові ряди. Потім можна побудувати корелограму цієї серії, щоб оцінити, чи існує кореляція між різними спостереженнями в цих залишках (рис. 6).

Таблиця 2

## Корелограма зовнішнього державного боргу України

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. *****	. *****	1	0.988	0.988	190.50	0.000
. *****	. .	2	0.976	-0.016	377.41	0.000
. *****	. .	3	0.965	0.007	560.88	0.000
. *****	. .	4	0.952	-0.041	740.61	0.000
. *****	. .	5	0.939	-0.036	916.37	0.000
. *****	. .	6	0.926	-0.019	1088.1	0.000
. *****	. .	7	0.913	0.024	1256.0	0.000
. *****	. .	8	0.901	-0.003	1420.2	0.000
. *****	. .	9	0.887	-0.028	1580.5	0.000
. *****	* .	10	0.873	-0.079	1736.4	0.000
. *****	. .	11	0.858	0.002	1887.9	0.000
. *****	. .	12	0.843	-0.047	2034.8	0.000
. *****	. .	13	0.827	-0.031	2177.0	0.000
. *****	. .	14	0.810	-0.004	2314.4	0.000
. *****	. .	15	0.794	-0.005	2447.2	0.000
. *****	. .	16	0.778	-0.012	2575.4	0.000
. *****	. .	17	0.762	-0.029	2698.9	0.000
. *****	. .	18	0.745	0.003	2817.9	0.000
. *****	. .	19	0.730	0.011	2932.5	0.000

. *****	. .	20	0.713	-0.040	3042.5	0.000
. *****	. .	21	0.696	-0.022	3148.0	0.000
. *****	. .	22	0.678	-0.026	3248.8	0.000
. *****	. .	23	0.661	-0.017	3345.0	0.000
. *****	. .	24	0.643	0.003	3436.8	0.000
. *****	. .	25	0.627	0.019	3524.3	0.000
. ****	. .	26	0.610	-0.006	3607.7	0.000
. ****	. .	27	0.593	-0.015	3687.1	0.000
. ****	. .	28	0.576	-0.037	3762.4	0.000
. ****	. .	29	0.558	-0.029	3833.5	0.000
. ****	. .	30	0.540	-0.036	3900.5	0.000
. ****	. .	31	0.521	-0.010	3963.3	0.000
. ****	. .	32	0.502	-0.031	4022.0	0.000
. ***	. .	33	0.483	-0.017	4076.7	0.000
. ***	. .	34	0.464	-0.013	4127.5	0.000
. ***	. .	35	0.446	0.009	4174.6	0.000
. ***	. .	36	0.427	-0.009	4218.1	0.000

Джерело: сформовано авторкою

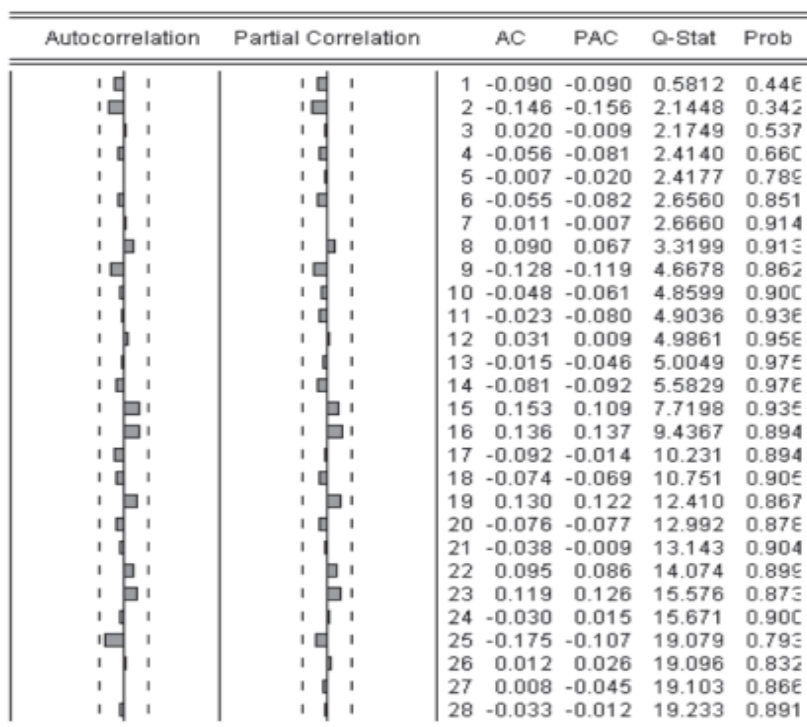
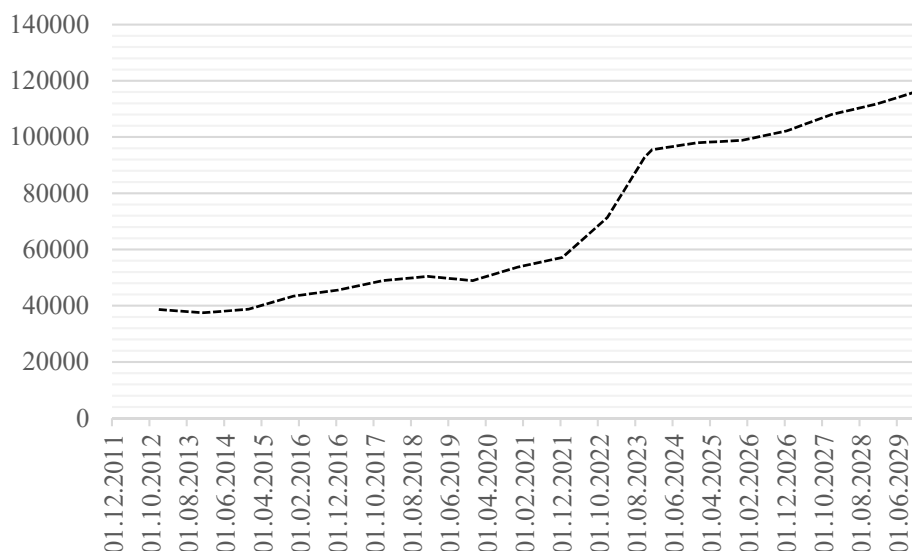


Рис. 6. Корелограма залишків ряду часових даних

Джерело: сформовано авторкою

Прогнозні значення зовнішнього державного боргу зображені на рис. 7.



**Рис. 7. Прогнозні значення зовнішнього державного боргу розраховані на основі ARMA-моделі**

*Джерело: сформовано авторкою*

Як видно з рисунка 7, очікується, що розмір зовнішнього боргу зросте до 116 722,2 мільярда доларів США до кінця 2029 року.

На підставі оцінки параметрів регресійної моделі можна зробити наступні висновки. Значення коефіцієнта детермінації становить 0,63. Це означає, що модель ARMA добре відповідає даним і пояснює близько 63% коливань зовнішнього державного боргу. Значення F-тесту становить 23,45, що є статистично значущим на рівні значущості 0,01. Це підтверджує загальну статистичну значущість побудованої моделі ARMA. Таким чином, модель ARMA демонструє статистично значущий і достатній зв'язок між залежною змінною (зовнішнім державним боргом) і її попередніми значеннями, врахованими в моделі. Отже, можна зробити висновок, що побудована регресійна модель є адекватною та відповідає даним.

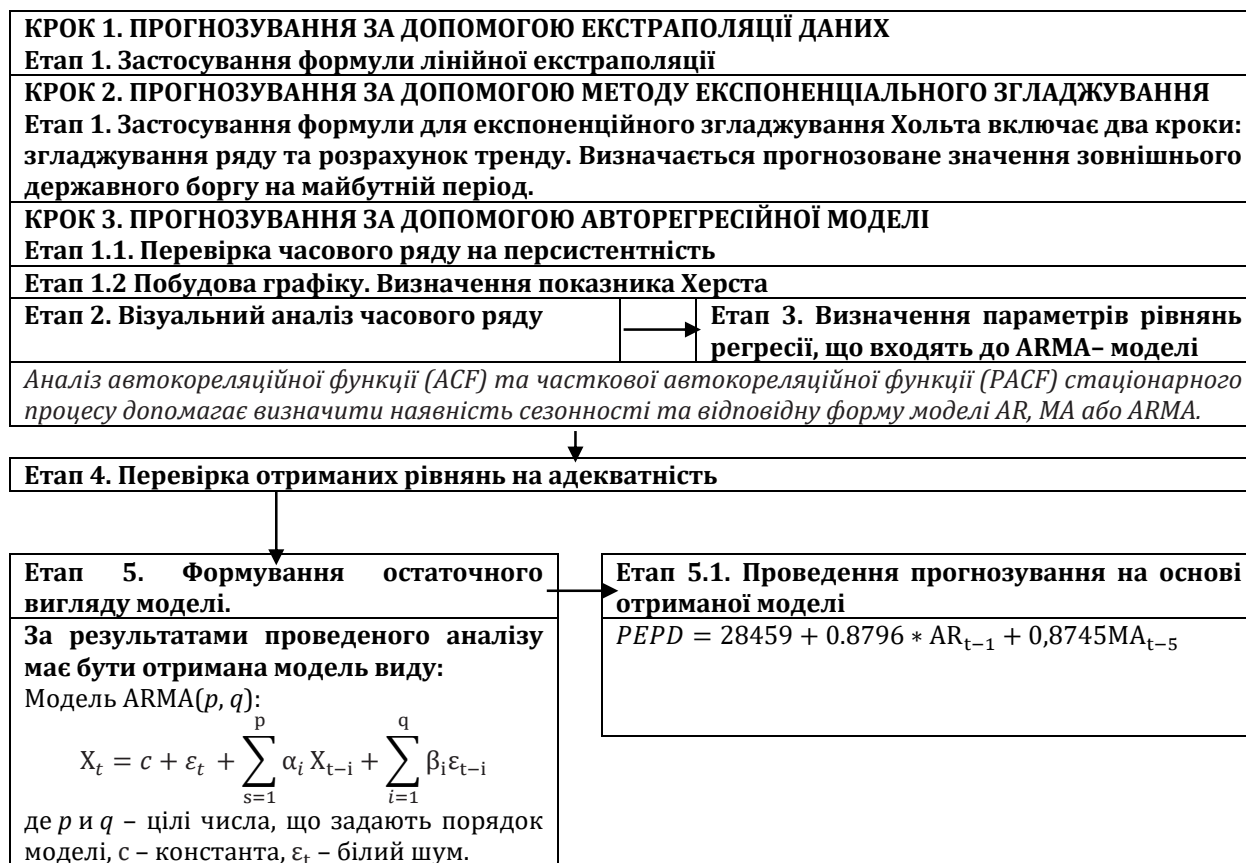
Підсумовуючи, наведемо загальний алгоритм науково-методичного підходу, розробленого для побудови моделі експоненційного згладжування та екстраполяції даних ARMA для прогнозування зовнішнього боргу України (рис. 8). Надалі можна буде визначити оптимальний вигляд моделі та кількість лагів для перших двох компонентів (AR та MA).

### Висновки

Умови невизначеності можуть ускладнити прогнози зовнішнього боргу, і в цьому випадку деякі моделі, засновані на кількох взаємозалежних змінних, можуть бути недостатньо ефективними.

Проаналізовано існуючі підходи до прогнозування державного зовнішнього боргу, які повністю базуються на даних попередніх звітних періодів (аналіз часових рядів та методи прогнозування). Можливість їх застосування аналізується виходячи з існуючих умов невизначеності (турбулентності), спричинених війною в Україні. Розглянуто три різні підходи до прогнозування на основі часових рядів і попередніх даних: екстраполяція лінії тренду, експоненціальне згладжування та моделі ARMA. Ці моделі допомагають аналізувати та прогнозувати часові ряди на основі їх структури та характеристик. Правильний вибір моделі залежить від конкретного характеру даних і мети аналізу. Прогнозування державного боргу в умовах військового конфлікту потребує врахування ряду факторів та розгляду можливих стратегій управління

фінансами та реагування на зовнішні та внутрішні економічні виклики. Представлено науково-методичний підхід до прогнозування зовнішнього державного боргу України.



**Рис. 8. Науково-методичний підхід до прогнозування зовнішнього державного боргу України**

Джерело: побудовано авторкою

#### Список використаних джерел

1. Asongu S. A. The impact of external debt on economic growth in Cameroon: evidence from a simultaneous equation model. *Research in Economics*. 2014. Vol. 68(3). P. 248–263.
2. Berti K. Stochastic public debt projections using the historical variance-covariance matrix approach for EU countries. *Economic Paper 480. European Economy*. 2013. April. 28 p.
3. Collier P., Hoeffler A. Greed and grievance in civil war. *Oxford Economic Papers*. 2004. Vol. 56(4). P. 563–595.
4. Eichengreen B., Portes R. Debt and default in the 1930s : Causes and consequences. *European Economic Review*. 1986. Vol. 30(3). P. 599–640.
5. Filatova H., Voytov S., Polishchuk Y., Dudchuk O. The public debt of Ukraine in the economic development policy in the war and post-war periods: Bibliometric analysis. *Public and Municipal Finance*. 2022. Vol. 11(1). P. 142–154.
6. Husain S., Alam M.N., Hisam M.W., Paliwal L.R. Crowding-in or crowding-out? The linkage between private investment and public debt of India using symmetric and asymmetric cointegration methodology. *International Journal of Applied Economics, Finance and Accounting*. 2023. Vol. 16(2). P. 336–344.
7. Navapan K., Boonyakunakorn P., Sriboonchitta S. Forecasting the growth of total debt service ratio with ARIMA and state space model. *Predictive Econometrics and Big Data. Studies in Computational Intelligence*. 2017. Vol. 753 P. 492–501.

8. Plastun A., Kozmenko S., Plastun V., Filatova, H. Market anomalies and data persistence: the case of the day-of-the-week effect. *Journal of International Studies*. 2019. Vol. 12(3). P. 122–130.
9. Reinhart C. M., Rogoff K. S.. Growth in a Time of Debt: Working Paper 15639 / Nber working paper series. 2010. URL: [https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w15639/w15639.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w15639/w15639.pdf)
10. Reinhart C. M., Rogoff K. S. The aftermath of financial crisis. *American Economic Review*. 2009. Vol. 99(2). P. 466–472.
11. Zhuravka F., Filatova H., Aiyedogbon J. O. Government debt forecasting based on the Arima model. *Public and Municipal Finance*. 2019. Vol 8(1). P. 120–127.
12. Форкун І. В., Хитра К. П. Формування та управління державним боргом в період фінансової кризи. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2010. № 2, Т. 3. С.