

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.862:336.276
JEL Classification: C49; C59; H63; E52

АНАЛІЗ ВПЛИВУ МОНЕТАРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ВЕЛИЧИНУ ВНУТРІШНЬОГО БОРГУ В КОНТЕКСТІ ПОСТАНОВКИ ТА ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ ПОРОГОВОГО РІВНЯ БОРГОВОЇ БЕЗПЕКИ

©2023 ПІЛЬКО А. Д., ЧЕПИГА Б. Т.

УДК 519.862:336.276
JEL Classification: C49; C59; H63; E52

Пілько А. Д., Чепига Б. Т.

Аналіз впливу монетарних інструментів на величину внутрішнього боргу в контексті постановки та вирішення задачі моделювання порогового рівня боргової безпеки

Метою статті є висвітлення результатів проведених досліджень, спрямованих на проведення аналізу та кількісного оцінювання взаємозв'язків між ключовими монетарними інструментами та показниками внутрішнього боргу в контексті визначення порогових рівнів боргової безпеки держави. Запропоновано підхід до моделювання та прогнозування причинно-наслідкових зв'язків між монетарними інструментами та розміром внутрішнього державного боргу. Розроблено модель дискримінантного аналізу на основі авторегресивної моделі розподіленого лагу, запропоновано правило класифікації, що в комплексі дало можливість визначити пороговий рівень боргової безпеки, а також спрогнозувати дієвість монетарних інструментів на розмір внутрішнього державного боргу та боргову безпеку. Суть отриманих у рамках проведеного дослідження результатів полягає у розвитку існуючого наукового-методичного інструментарію макроеконометричного моделювання та прогнозування величини внутрішнього боргу й аналізу боргової безпеки. Виокремлення показників грошово-кредитної політики незалежно від інших макроекономічних факторів, використання скоригованого критерію Акаїке для визначення величини лагу змінних дозволило розробити й оцінити комплекс моделей, на які є можливість орієнтуватися, щоб оцінювати вплив монетарної політики на величину внутрішнього державного боргу та боргову безпеку, що є відмінною особливістю цієї розробки порівняно з аналогами. Також було проведено аналіз причинності впливу для виявлення найбільш ефективних монетарних інструментів, а аналіз застосування результатів розробленої моделі дискримінантного аналізу дозволив виявити періоди, де показники внутрішнього боргу зазнавали найбільших змін і впливали на рівень боргової безпеки, без урахування величини зовнішнього боргу. Подальший розвиток обраного напрямку досліджень дозволить розширити комплекс моделей, спрямованих на оцінку дієвості механізмів забезпечення боргової безпеки з урахуванням динаміки монетарних та інших макроекономічних показників.

Ключові слова: економетричне моделювання, монетарна політика, внутрішній державний борг, дискримінантний аналіз.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-2-231-239>

Рис.: 3. **Табл.:** 7. **Формул.:** 1. **Бібл.:** 21.

Пілько Андрій Дмитрович – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника (вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна)

E-mail: andriypilko@i.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4418-6877>

Чепига Богдан Тарасович – економіст, «Долинанафтогаз», Нафтогазовидобувне управління ПАТ «УКРНАФТА» (вул. Промислова, 7, Долина, 77503, Україна)

E-mail: bobanovy@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9614-8840>

UDC 519.862:336.276
JEL Classification: C49; C59; H63; E52

Pilko A. D., Chepiga B. T. Analyzing the Impact of Monetary Instruments on the Amount of Domestic Debt in the Context of Formulating and Solving the Problem of Modeling the Threshold Level of Debt Security

The purpose of the article is illumination of the results of the carried out studies aimed at analyzing and quantifying the relationships between key monetary instruments and indicators of domestic debt in the context of determining the threshold levels of debt security of the State. An approach to modeling and forecasting the causal relationships between monetary instruments and the size of domestic public debt has been proposed. A model of discriminant analysis based on the autoregressive model of distributed lag is developed, a classification rule is proposed, which together allow to determine the threshold level of debt security, as well as to predict the effectiveness of monetary instruments on the amount of domestic public debt and debt security. The essence of the results obtained within the terms of the carried out study lies in the development of existing scientific and methodological instrumentarium for macroeconomic modeling and forecasting the amount of domestic debt and debt security analysis. Allocating the monetary policy indicators independently of other macroeconomic factors, using the adjusted Akaike criterion to determine the lag of variables allowed to develop and evaluate a set of models that can serve as guidelines to assess the impact of

monetary policy on the amount of domestic public debt and debt security, which is a distinctive feature of the presented development compared to analogues. The causality of impact analysis was also carried out to identify the most effective monetary instruments, and the analysis of the application of the results of the developed model of discriminant analysis made it possible to identify periods where domestic debt indicators underwent the greatest changes and affected the level of debt security, without taking into account the amount of external debt. Further development of the chosen direction of research will expand the range of models aimed at assessing the effectiveness of debt security mechanisms, taking into account the dynamics of monetary and other macroeconomic indicators.

Keywords: econometric modeling, monetary policy, domestic public debt, discriminant analysis.

Fig.: 3. **Tabl.:** 7. **Formulae:** 1. **Bibl.:** 21.

Pilko Andriy D. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University (57 Shevchenka Str., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine)

E-mail: andriypilko@i.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4418-6877>

Chepyha Bohdan T. – Economist, “Dolynanaftogaz”, Oil and gaz extraction department PJSC “UKRНАFTA” (7 Promyslova Str., Dolyna, 77503, Ukraine)

E-mail: bobanovy@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9614-8840>

Вступ. Для ефективного вирішення задачі управління державним боргом та борговою безпекою на національному рівні необхідним є проведення аналізу дієвості традиційних та неконвенційних інструментів, в тому числі і монетарних на боргову безпеку.

Більшість таких інструментів належать до сфери управління центральних банків.

Актуальність, а також теоретична і практична значущість вирішення задачі формування дієвих механізмів управління внутрішнім державним боргом та борговою безпекою, в тому числі і з урахуванням можливостей монетарних інструментів, обумовили вибір напряму досліджень, окремі результати якого відображені в цій роботі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремим питанням дослідження закономірностей формування та особливостям управління державним боргом присвячені численні праці як вітчизняних, так і закордонних науковців. Це явище досліджувалося в працях Р. Барро [1], Т. Зеттмейер [2], А. Афонсо [3], С. Хуртадо [4], Д. Клемент [5], М. Кавальканти [6], М. Ходула [7] та інших. В українській науці проблематика управління державним боргом, специфіка та можливості оптимізації цього процесу досліджувалися Н. Гусаревич [8], А. Меренковою [9], І. Лук'яненко [10], О. Прімеровою [11] та іншими науковцями.

Зважаючи на численні значущі як з точки зору науки, так і практики результати, отримані вітчизняними та зарубіжними дослідниками проблематики моделювання взаємозв'язків між макроекономічними показниками та параметрами боргової безпеки, необхідно акцентувати увагу на частині актуальної задачі, котра є недостатньо вивченою і водночас вимагає свого вирішення з урахуванням сучасних реалій, в яких функціонує постковідна економіка України з урахуванням безпекових викликів та умов воєнного стану.

Перш за все, йдеться про розробку моделей аналізу та прогнозування взаємозв'язків між параметрами монетарної політики та рівнем боргової безпеки, а також оцінку характеру впливу монетарних інструментів на величину внутрішнього державного боргу.

Мета дослідження полягає у проведенні аналізу, кількісному оцінюванні взаємозв'язків між ключовими монетарними інструментами та показниками внутрішнього

боргу в контексті визначення порогових рівнів боргової безпеки держави.

Для досягнення поставленої мети були сформовані і вирішені такі завдання:

- запропоновано підхід до моделювання та прогнозування причинно-наслідкових зв'язків між монетарними інструментами та розміром внутрішнього державного боргу;
- на основі розробленої векторної моделі коригування похибки проведено аналіз, прогнозування і порівняння отриманих результатів із відповідними результатами авторегресивної моделі розподіленого лагу;
- розроблено модель дискримінантного аналізу на основі авторегресивної моделі розподіленого лагу, запропоновано правило класифікації, що в комплексі дало можливість визначити пороговий рівень боргової безпеки, вказати на найскладніші та найсприятливіші періоди з точки зору накопичення боргу і внутрішньоборгової безпеки, а також спрогнозувати дієвість монетарних інструментів на розмір внутрішнього держборгу та боргову безпеку.

Опис методики (структури, послідовності) проведення дослідження. Поставлена мета була досягнута разом із отриманням науково обґрунтованих результатів згідно з запропонованою методикою завдяки використанню таких методів дослідження, як збір та аналіз наявної статистичної інформації; використання коінтеграційних тестів Гранджера та Йохансена для виявлення довгострокового зв'язку між досліджуваними показниками; методи оцінювання параметрів та дослідження економетричних моделей розроблених на основі аналізу часових рядів; дискримінантний аналіз; аналіз причинності впливу.

Виклад основного матеріалу й отриманих наукових результатів. У рамках проведених досліджень нами запропоновано можливий підхід до вирішення задачі оцінки впливу прийняття певних рішень у галузі монетарної політики у коронакризовий період на величину внутрішнього боргу та боргову безпеку з використанням прикладних економетричних моделей. Зокрема:

- на основі даних за період з січня 2010 по лютий 2020 року було розроблено авторегресивну дистрибутивно-лагову модель (ARDL) та модель корекції помилки (VECM);
- в розроблену теоретичну ARDL модель підставлено фактичні значення керованих змінних за період з лютого 2020 року по грудень 2021 року, для того, щоб дізнатись, наскільки вона здатна передбачити величину внутрішнього боргу на новій вибірці та порівняти отримані теоретичні оцінки з фактичними показниками боргу;
- почергова заміна в новоутвореній вибірці значень кожної змінної на відповідні значення лютого місяця 2020 року дозволила передбачити величину боргу;
- порівняння цих значень з прогнозом при незмінних даних (no changed) та дослідження того, які саме показники мають найбільший вплив на величину внутрішнього боргу.

Для вирішення задачі аналізу та моделювання впливу основних монетарних інструментів на внутрішній державний борг було відібрано такі змінні, як: реальна вели-

чина внутрішнього державного боргу (ID), облікова ставка НБУ (RTE), середньорічна дохідність ОВДП (YOOVDP), офіційний курс гривні щодо долара (USDP) та реальна величина золотовалютних резервів (GR). Базою та початком спостережень є січень 2010 року, а кінцевим періодом вважається грудень 2021 року. Дані у щомісячному розрізі були взяті із [12].

Згідно з методикою аналізу та моделювання часових рядів, існуючих на даних час [13], було побудовано модель корекції помилки (VECM) та авторегресивну дистрибутивно-лагову модель (ARDL), а також проведено порівняння їхніх результатів.

Сама VECM-модель представлена системою рівнянь, рівняння внутрішнього боргу наведено у табл. 1.

В результаті отримали модель внутрішнього боргу з довгостроковими коефіцієнтами ECT (Error correction term) та короткостроковими, що представлені як змінні у своїх різницях.

Табл. 2 дає інформацію про оцінки якості прогнозу на основі VECM моделі і містить такі абсолютні показники, як середня помилка (ME), квадрат середньоквадратичної помилки (RMSE) та середня абсолютна помилка (MAE).

Таблиця 1

Коефіцієнти моделі та їх значущість

	coef	P > t		coef	P > t
ECT _{t-1}	0.042	0.4	RTEt-3	-0.481	0.65
ECT _{t-2}	-0.691	0.079	USDPt-3	1.835	0.24
ECT _{t-3}	-0.394	0.33	YOOVDPt-3	-0.223	0.66
const	14.858	0.52	GRt-3	0.051	0.56
ID _{t-1}	-0.062	0.57	IDt-4	-0.139	0.19
RTE _{t-1}	0.233	0.82	RTEt-4	-0.225	0.82
USDP _{t-1}	-2.82	0.02	USDPt-4	-0.146	0.92
YOOVDP _{t-1}	-0.04	0.94	YOOVDPt-4	-0.401	0.37
GR _{t-1}	-0.024	0.79	GRt-4	0.169	0.055
ID _{t-2}	-0.025	0.81	IDt-5	-0.123	0.25
RTE _{t-2}	-0.935	0.35	RTEt-5	-0.29	0.75
USDP _{t-2}	-3.558	0.015	USDPt-5	-0.045	0.97
YOOVDP _{t-2}	0.345	0.51	YOOVDPt-5	-0.524	0.16
GR _{t-2}	0.142	0.14	GRt-5	0.073	0.41
ID _{t-3}	-0.168	0.13			
R ² =0.9428					

Джерело: авторська розробка

Таблиця 2

Оцінки якості прогнозу VECM-моделі

ME	RMSE	MAE	MAPE
8.196	16.236	13.205	5.195

Джерело: авторська розробка

Наступним етапом дослідження є розробка ARDL-моделі, яка не являє собою систему, а лише одне рівняння з лаговими значеннями залежної та пояснювальних змінних і також зберігає довгостроковий зв'язок між змінними. Оцінену модель наведено в табл. 3.

Показники якості прогнозу на основі ARDL-моделі наведено в табл. 4.

У випадку ARDL-моделі можна сказати, що відносний показник MAPE становить 2,23 %, що не перевищує порогового значення у 5 % та значно краще описує фактичну величину внутрішнього державного боргу. Порівняння показників VECM- та ARDL-моделей дозволяють зробити попередні висновки про доцільність застосування саме ARDL-моделі в процесі подальшого проведення кількісного аналізу причинності впливу монетарних показників на величину державного боргу.

Таблиця 3

Коефіцієнти ARDL-моделі обсягів внутрішнього боргу та їх значущість

	coef	P > t		coef	P > t
const	30.705	0.179	YOOVDP _{t-2}	0.737	0.0068
USDP _t	5.664	9.46*10 ⁻¹⁰	YOOVDP _{t-10}	0.769	0.0027
USDP _{t-1}	-5.012	8.1*10 ⁻⁶	GR _t	-0.141	0.0291
USDP _{t-2}	-3.065	0.008	GR _{t-1}	0.144	0.0284
USDP _{t-3}	1.873	0.011	GR _{t-9}	-0.178	0.009673
USDP _{t-11}	3.877	0.000127	GR _{t-10}	0.191	0.009663
USDP _{t-12}	-3.972	2.45*10 ⁻⁵	GR _{t-12}	-0.126	0.0103
RTE _t	-3.706	3.64*10 ⁻⁶	ID _{t-1}	0.732	2*10 ⁻¹⁶
RTE _{t-1}	3.421	7.82*10 ⁻⁵	ID _{t-10}	0.225	0.0024
RTE _{t-5}	-1.984	4.39*10 ⁻⁷	ID _{t-11}	-0.222	0.0279
RTE _{t-10}	-1.254	0.0113	ID _{t-12}	0.307	0.0001
RTE _{t-12}	1.608	0.0015			
R ² =0.986					

Джерело: авторська розробка

Таблиця 4

Оцінки якості прогнозу ARDL-моделі

ME	RMSE	MAE	MAPE
1.36	8.617	5.794	2.228

Джерело: авторська розробка

Підхід, який було використано для кількісної оцінки характеру причинності впливу керованих змінних (монетарних показників) на результат (величину внутрішнього боргу), в літературі має назву causal impact analysis [14].

Цей підхід передбачає оцінку впливу втручання у часовий ряд та порівняння даної оцінки за умови відсутності такого впливу.

Інакше кажучи, алгоритм передбачає побудову структурної моделі часових рядів на основі декількох контрольних груп показників та побудову базової лінії синтетично-

го часового ряду після коригування різниці розмірів між контрольними групами та тестовою групою.

Першим індикатором, вплив якого проаналізовано на величину внутрішнього боргу, є облікова ставка НБУ (RTE). Передбачено умову її незмінності після лютого 2020 року на рівні 11 % (changed RTE). Валютний курс (USDP) протягом цього періоду передбачається фіксованим на позначці 24,39 (changed USDP), дохідність ОВДП (YOOVDP) передбачається на рівні 9,79 % (changed YOOVDP), а золотовалютні резерви (GR) не збільшуватимуться та залишаться на рівні 276,3 млрд грн (changed GR).

Графік (рис. 1) відображає динаміку величини зміни внутрішнього державного боргу протягом останніх 30 періодів, що включає 22 періоди, коли ми змінили по черзі значення показників іншими значеннями, а також коли відповідні значення залишалися незмінними.

Показник MAPE ARDL моделі значення по changed становить 5,02 %, що гірше, ніж модель, натренована на да-

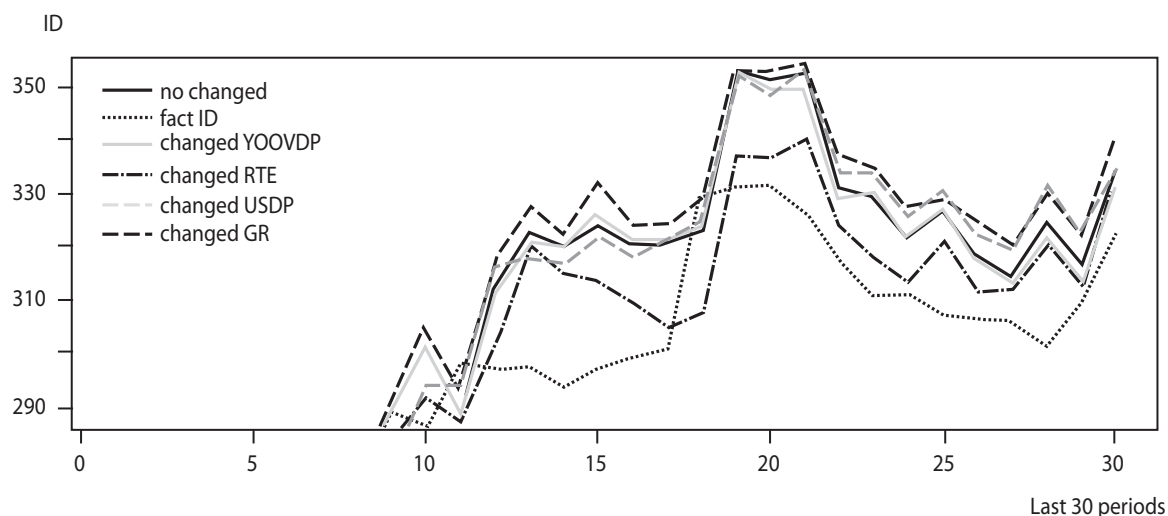


Рис. 1. Динаміка зміни величини внутрішнього боргу під впливом аналізованих показників

Джерело: авторська розробка

них протягом усього періоду та ледь перетинає межу у 5 %. Тепер цю величину порівнюємо по черзі із змінним RTE, USDP, YOOVDP та GR.

Як показали результати розрахунків, якби було прийнято рішення не змінювати облікову ставку протягом періоду з лютого 2020 року до грудня 2021 року, то реальна величина внутрішнього боргу могла би бути меншою у се-

редньому на 2,52 %. Фіксований валютний курс у тому ж періоді міг збільшити борг лише на 0,186 % відносно прогнозованого значення. Середньорічна звітна дохідність ОВДП, своєю чергою, зменшила би внутрішній борг на 0,245 %. Стабільні золотовалютні резерви збільшили б величину боргу на 1,33 %. Фактичні та прогнозні значення величини внутрішнього державного боргу наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Фактичні та прогнозні значення величини внутрішнього державного боргу

Date	Fact ID	No changed	If data would not be changed during period			
			RTE	USDP	YOOVDP	GR
2020-03	288.507	288.079	283.325	278.243	288.079	288.079
2020-04	286.143	301.381	291.339	293.744	301.381	305.172
2020-05	297.863	288.144	286.542	293.688	288.046	293.031
2020-06	296.950	312.355	301.245	315.816	311.061	316.953
2020-07	297.252	322.563	319.893	317.431	321.349	327.583
2020-08	293.183	320.211	314.981	317.264	319.987	322.047
2020-09	297.093	324.231	313.883	322.278	325.740	332.365
2020-10	299.179	320.225	309.877	317.217	321.225	324.079
2020-11	300.630	320.498	305.032	320.273	321.212	324.227
2020-12	329.404	322.863	307.397	323.842	323.586	328.366
2021-01	331.063	352.757	337.291	351.715	352.813	352.299
2021-02	331.590	351.913	336.446	348.476	349.310	353.287
2021-03	326.239	352.630	340.737	353.668	349.887	354.524
2021-04	317.057	330.957	324.103	334.080	329.155	337.965
2021-05	310.796	329.149	318.075	333.747	329.902	335.360
2021-06	311.120	321.585	312.904	325.898	321.561	327.283
2021-07	307.580	327.343	321.039	330.483	326.891	329.111
2021-08	306.663	318.487	311.353	322.599	317.751	324.503
2021-09	306.084	313.853	311.655	319.099	312.379	319.784
2021-10	301.492	324.547	320.239	331.499	321.901	330.041
2021-11	309.744	316.354	312.046	322.098	312.833	322.085
2021-12	322.198	334.441	333.790	335.306	330.603	340.737

Джерело: авторська розробка

Проведений таким чином аналіз показав, що найбільш істотний, порівняно із іншими, вплив на реальну величину державного внутрішнього боргу з усіх керованих монетарних інструментів при цьому наборі показників та обсягу вибірки становлять саме облікова ставка НБУ та золотовалютні резерви.

Ефективність управління внутрішнім боргом тісно пов'язана з питанням боргової складової економічної безпеки держави.

Необхідність проведення системного моніторингу рівня боргової безпеки зумовлена ризиками, які несе з собою надмірне накопичення державного боргу та відсутність конструктивного бачення стратегії і тактики управління боргом, що знаходить свій прояв, в тому числі через ризик дефолту та валютні ризики.

Особливо актуальною є ця задача в теперішніх умовах, коли загострилося питання забезпечення економічної

безпеки в умовах постковідної економіки та воєнного стану [15, с. 399].

У своєму дослідженні під борговою безпекою будемо розуміти таке поєднання оптимального рівня внутрішніх і зовнішніх запозичень, за якого не погіршується можливість держави виконувати свої соціально-економічні функції, ефективно протидіяти як зовнішнім, так і внутрішнім загрозам, та не становитиме загрози втрати конкурентної позиції на світовому ринку. Під пороговим рівнем боргової безпеки держави розуміємо критичну межу, тривале перевищення якої потенційно викликає негативні соціально-економічні та фіскальні наслідки й обмежує здатність держави виконувати її завдання й протидіяти загрозам, і як результат – зберігати платоспроможність в умовах глобальної конкуренції за фінансові ресурси.

Для моделювання впливу монетарних показників на боргову безпеку держави запропоновано використати

дискримінантний аналіз, який зарекомендував себе ефективним методом для вирішення подібних задач [16–18], де оцінювались порогові рівні економічної та боргової безпеки динамічних систем різного рівня та ієрархії.

У згаданих джерелах та й загалом у практиці лінійної класифікації найчастіше використовують саме фіксовані порогові рівні, проте існують випадки, коли можна

застосувати плаваючі, а саме – зважену евклідову відстань [19], хоча в своєму дослідженні ми застосовували мемо перші.

Усі показники було перевірено на відсутність мультиколінеарності, що могло б погіршити аналітичні та прогностичні властивості сформованої моделі.

$$Z = 0,466 \cdot \Delta USDP_t - 0,093 \cdot \Delta USDP_{t-1} - 0,791 \cdot \Delta USDP_{t-2} - 0,027 \cdot \Delta USDP_{t-3} + 0,785 \cdot \Delta USDP_{t-11} - 0,033 \cdot \Delta USDP_{t-12} - 0,154 \cdot \Delta RTE_t + 0,292 \cdot \Delta RTE_{t-1} - 0,001 \cdot \Delta RTE_{t-5} - 0,344 \cdot \Delta RTE_{t-10} + 0,24 \cdot \Delta RTE_{t-12} - 0,016 \cdot \Delta YOOVDP_{t-2} - 0,036 \cdot \Delta YOOVDP_{t-10} - 0,024 \cdot \Delta GR_t - 0,025 \cdot \Delta GR_{t-1} - 0,046 \cdot \Delta GR_{t-9} - 0,012 \cdot \Delta GR_{t-10} - 0,027 \cdot \Delta GR_{t-12}.$$

де Δ – різниця між попереднім і наступним періодами спостережень.

У процесі побудови дискримінантної моделі запропоновано таке правило класифікації, згідно з яким: до першого класу буде віднесено інформацію за періоди, при яких внутрішній державний борг зростає порівняно до попереднього періоду, а до другого – спадає. Умовно позначимо кластери як А і Б відповідно. У ході побудови моделей деякі із показників було розраховано у різницях до попереднього періоду, оскільки для того, щоб віднайти спад або зростання боргу, його теж було записано у різницях, і тому схожість у динаміці змінних позитивно відзначатиметься на прогностичних властивостях моделі.

Розроблено модель дискримінантного аналізу, як це описано у [20], та сформовано рівняння дискримінантної функції на основі ARDL-моделі, оскільки вона демонструє кращу прогностичну якість порівняно з VECM-моделлю:

Точність моделі складає 70,22 %, а порогове значення дискримінантної функції – -0.05259. Значення дискримінантної функції (Z) вважатимемо інтегральним показником боргової безпеки. Величину цього показника та його порогове значення (**threshold Z**), вище якого вважатимемо приналежність до одного класу, а нижче – до іншого, проілюстровано на рис. 2.

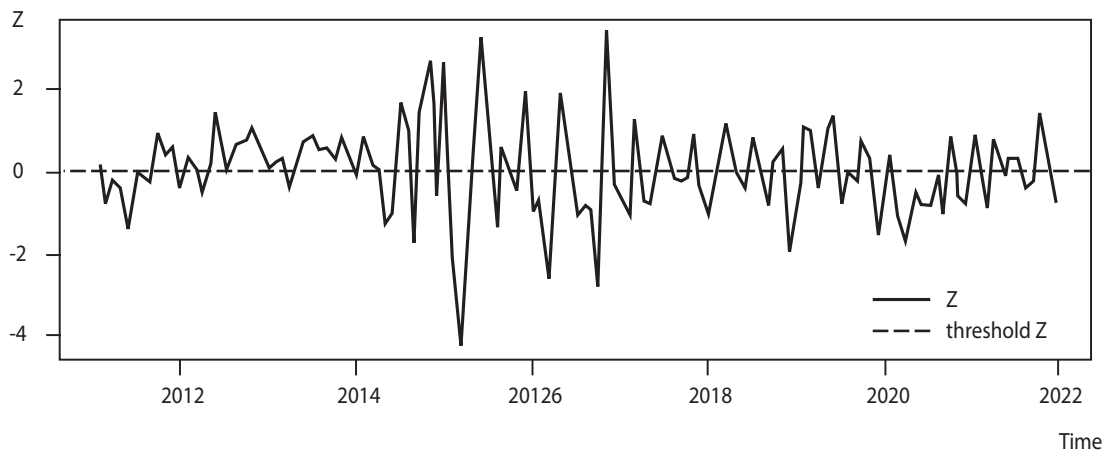


Рис. 2. Значення дискримінантної функції та її порогове значення моделі дискримінантного аналізу

Джерело: авторська розробка

Також дані, наведені в табл. 6, дають змогу вказати на точність класифікації моделі за класами. Її ще називають таблицею спряженості, яка застосовується більшою мірою тільки до бінарної класифікації, оскільки велика кількість класів значно ускладнить тлумачення результатів [21]. Інтерпретувати її можна таким чином: із 58 періодів, у котрих величина боргу спадала (рядок реального класу Б), модель правильно спрогнозувала 41 із них, а 17 віднесла до класу зростання боргу. Оскільки спадання відноситься до позитивних спостережень, то їхня точність класифікації називатиметься «чутливістю» (часткою істинно позитивних зразків) та складає 70,68 %. Відповідно інтерпретувати результати можемо і з кластером А, але тут замість «чутливості» буде «специфічність» (частка істинно негативних зразків), що становить 69,86 %.

Таблиця 6

Реальна та прогнозована моделлю дискримінантного аналізу кількість періодів, де величина боргу зростала або спадала

Реальні класи	Прогнозовані моделлю класи	
	Б	А
Б	41	17
А	22	51

Джерело: авторська розробка

Отже, згідно з дискримінантним аналізом найбільш небезпечно прискорення темпів зростання внутрішнього державного боргу спостерігалося у червні 2015, листопаді

2016 та 2014 років, а найзначніший спад – березень 2015, жовтень та березень 2016 року.

Можна згрупувати та усереднити отримані результати моделі по роках, що надасть змогу виявити найбільш стабільний період з точки зору боргової безпеки (рис. 3).

Середнє по роках значення дискримінантної функції та її пороговий рівень наведено в табл. 7.

За результатами дискримінантного аналізу, найменший рівень внутрішньої боргової безпеки спостерігався у 2013–2015 роках, а найбільший – у 2017–2019 та 2021 роках, що приблизно збігається із висновками, зробленими на основі офіційного інтегрального показника, де включений і зовнішній борг, тому можна сміливо робити висновки про їхню взаємозалежність, а також застосовність розро-

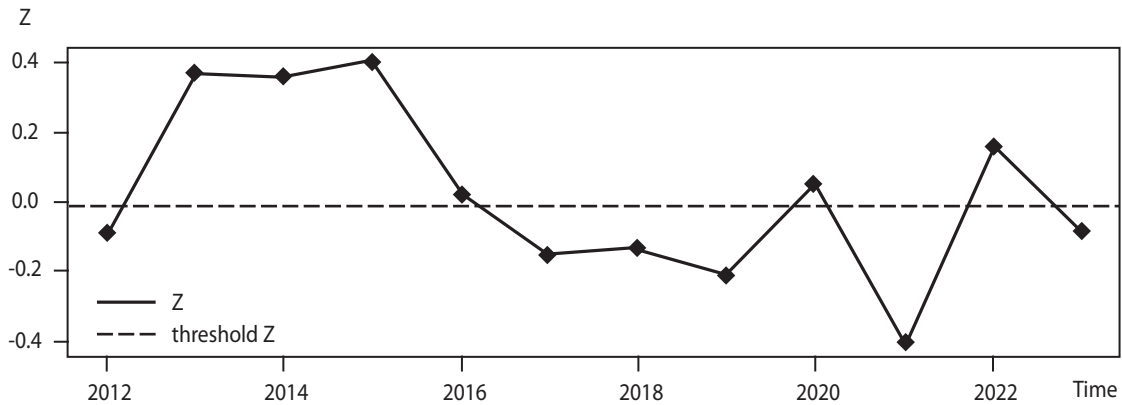


Рис. 3. Середнє по роках значення дискримінантної функції та її пороговий рівень

Джерело: авторська розробка

Таблиця 7

Середні по роках значення дискримінантної функції та її порогове значення

Рік	Z	Клас при порозі -0.05259
2011	-0.1315	Б
2012	0.3469	А
2013	0.3769	А
2014	0.2807	А
2015	0.0232	А
2016	-0.3232	А
2017	-0.1253	Б
2018	-0.1369	Б
2019	0.0952	Б
2020	-0.5636	А
2021	0.127	Б

Джерело: авторська розробка

бленого підходу для вирішення задачі аналізу причинності впливу монетарних показників на величину внутрішнього боргу в контексті постановки та вирішення задачі моделювання порогових рівнів боргової безпеки.

Висновок. У рамках проведених досліджень, спрямованих на удосконалення існуючих підходів до вирішення задачі аналізу характеру впливу монетарної політики та її індикаторів на величину внутрішнього державного боргу та боргову безпеку, було вивчено можливості застосування двох класів прикладних економетричних моделей, а саме ARDL- та VECM-моделі. Для подальшого визначення порогових значень боргової безпеки було використано ARDL-модель, оскільки вона продемонструвала відносно кращі показники якості та точності прогнозу порівняно з VECM-моделлю. Саме тому у подальшому її було

використано для аналізу причинності впливу, побудови дискримінантних моделей та моделювання альтернативних рішень щодо застосування монетарних інструментів у практиці управління борговою безпекою України у коронакризовий період.

Застосування моделі дискримінантного аналізу на основі ARDL-моделі дало змогу вказати на найскладніші та найсприятливіші періоди з точки зору накопичення боргу та внутрішньоборгової державної безпеки.

Використання можливостей прикладного економетричного та дискримінантного аналізу дало змогу спрогнозувати дієвість монетарних інструментів на розмір внутрішнього держборгу та боргову безпеку.

Отримані результати дають змогу вказати на те, які керовані параметри грошово-кредитної політики мають

найбільший вплив на внутрішній борг, а саме: облікова ставка НБУ та розмір золотовалютних резервів. Подальші дослідження дозволять розширити комплекс моделей, спрямованих на оцінку дієвості механізмів забезпечення боргової безпеки з урахуванням динаміки монетарних та інших макроекономічних показників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Barro R. The Impact of Social Security on Private Savings – Evidence from the U.S. Time Series. Washington, D.C. American Enterprise Institute, 1978.
2. Zettelmeyer T. W. Sovereign Debt Sustainability and Central Bank Credibility // IMF. 2022, January 28. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2022/01/28/Sovereign-Debt-Sustainability-and-Central-Bank-Credibility-512335>
3. Afonso A., Huart F., Jalles J. T., Stanek P. (2021, February 2). International transmission of interest rates: The role of in. *Working Papers REM*. Retrieved May 3, 2023. URL: <https://ideas.repec.org/p/ise/remwps/wp01562021.html>
4. Hurtado S., Nuño G., Thomas C. Monetary Policy and Sovereign Debt Sustainability. *Journal of the European Economic Association*. 2022. Vol. 21 (1). P. 293–325.
DOI: 10.1093/jeea/jvac035
5. Clement D. How debt crises affect monetary policy // Federal Reserve Bank of Minneapolis. Retrieved May 3, 2023. URL: <https://www.minneapolisfed.org/article/2020/how-debt-crises-affect-monetary-policy>
6. Cavalcanti M. A. F. H., Vereda L., de Doctors R. B., Lima, F. C. The macroeconomic effects of monetary policy shocks underfiscal rules constrained by public debt sustainability. *Economic Modelling*. 2018. Vol. 71. P. 184–201.
7. Martin Hodula and Aleš Melecký Debt management when monetary and fiscal policies clash: some empirical evidence. *Journal of applied economics*. 2020. Vol. 23. No. 1. P. 253–280.
8. Гусаревич Н. В., Конак О. О., Ткаченко С. В. *Боргова безпека України. Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 24. С. 78–83. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/24_2019/15.pdf
9. Меренкова Л. О. Оцінка державного боргу та боргової політики у контексті забезпечення боргової безпеки України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2018. Вип. 22. С. 823–828. <http://global-national.in.ua/archive/22-2018/155.pdf>
10. Лук'яненко І. Г., Віт Д. Системний аналіз формування державної політики в умовах макроекономічної дестабілізації. Київ: НАУКМА. 2017. 464 с.
11. Прімерова О. К., Осадча К. І. Оцінювання боргового навантаження та платоспроможності України на сучасному етапі. *Ефективна економіка*. 2020. № 10. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=8253>
12. Незалежна асоціація банків України. URL: <https://nabu.ua>
13. Shrestha M. B., Bhatta G. R. Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis. *The Journal of Finance and Data Science*, 2018. Vol. 4 (2). P. 71–89.
DOI: 10.1016/j.jfds.2017.11.001
14. Brodersen K. H., Gallusser F., Koehler J., Remy N., Scott S. L. Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models. *The Annals of Applied Statistics*. 2015. Vol. 9 (1).
DOI: 10.1214/14-aos788
15. Ганцяк М. Боргова безпека України в умовах воєнного стану // *Фінанси, економіка, право vs війна* : зб. тез Міжнар. конгресу (м. Ірпінь, 27 квіт. 2022 р.). Ірпінь : ДПУ, 2022. 930 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/365186035_Mizna_rodnij_kongres_Finansi_ekonomika_pravo_vs_vijna_fullTextFileContent
16. Пілько А. Д., Савчук Н. В. Моделювання процесу оцінювання рівня економічної безпеки регіону. *Бізнес Інформ*. 2015. № 8. С. 77–84.
17. Пілько А. Д., Кіс В. В. Постановка та вирішення задачі оцінки й аналізу інвестиційної складової безпеки розвитку регіону. *Проблеми економіки*. 2016. № 3. С. 300–306.
18. Черкашина Т. С. Оцінка боргової безпеки країн Південно-Східної Європи на основі дискримінантного аналізу. *Галицький економічний вісник*. 2022. № 5. URL: http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/28239/1/_%d0%a1%d1%82%d0%b0%d1%82%d1%82%d1%8f_12.09.pdf
19. Пілько А. Д., Савчук Н. В. Визначення порогових рівнів економічної безпеки територіальних систем регіону на основі моделей дискримінантного аналізу та методу евклідової відстані. *Проблеми економіки*. 2016. № 3. С. 307–313.
20. Alayande S., Bashiru K. A. An Overview and Application of Discriminant Analysis in Data Analysis. *ResearchGate*. 2021.
DOI: 10.9790/5728-11151215
21. Liang J. Confusion Matrix: Machine Learning. POGIL Activity Clearinghouse. 2022. Vol. 3 (4). URL: <https://pac.pogil.org/index.php/pac/article/view/304>

REFERENCES

- Afonso, A. et al. "International transmission of interest rates: The role of in". *Working Papers REM*. Retrieved May 3, 2023. <https://ideas.repec.org/p/ise/remwps/wp01562021.html>
- Alayande, S., and Bashiru, K. A. "An Overview and Application of Discriminant Analysis in Data Analysis". *ResearchGate* (2021).
DOI: 10.9790/5728-11151215
- Barro, R. *The Impact of Social Security on Private Savings Evidence from the U.S. Time Series*. Washington, D.C.: American Enterprise Institute, 1978.
- Brodersen, K. H. et al. "Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models". *The Annals of Applied Statistics*, vol. 9 (1) (2015).
DOI: 10.1214/14-aos788
- Cavalcanti, M. A. F. H. et al. "The macroeconomic effects of monetary policy shocks underfiscal rules constrained by public debt sustainability". *Economic Modelling*, vol. 71 (2018): 184-201.
- Cherkashyna, T. S. "Otsinka borhovoї bezpeky krain Pivdenno-Skhidnoi Yevropy na osnovi dyskryminantnoho analizu" [Assessment of Debt Security of the Countries of Southeast Europe Based on Discriminant Analysis]. *Halytskyi ekonomichnyi visnyk*. 2022. http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/28239/1/_%d0%a1%d1%82%d0%b0%d1%82%d1%82%d1%8f_12.09.pdf
- Clement, D. "How debt crises affect monetary policy". Federal Reserve Bank of Minneapolis. Retrieved May 3, 2023. <https://www.minneapolisfed.org/article/2020/how-debt-crises-affect-monetary-policy>
- Hantsiak, M. "Borhova bezpeka Ukrainy v umovakh voiennoho stanu" [Debt Security of Ukraine under Martial Law]. *Finansy, ekonomika, pravo vs viina*. 2022. <https://www.researchgate.net/>

publication/365186035_Miznarodnij_kongres_Finansi_ekonomika_pravo_vs_vijna#fullTextFileContent

Hodula, M., and Melecky, A. "Debt management when monetary and fiscal policies clash: some empirical evidence". *Journal of applied economics*, vol. 23, no. 1 (2020): 253-280.

Hurtado, S., Nuno, G., and Thomas, C. "Monetary Policy and Sovereign Debt Sustainability". *Journal of the European Economic Association*, vol. 21 (1) (2022): 293-325. DOI: 10.1093/jeea/jvac035

Husarevych, N. V., Konak, O. O., and Tkachenko, S. V. "Borhova bezpeka Ukrainy" [Debt Security of Ukraine]. Investytsii: praktyka ta dosvid. 2019. http://www.investplan.com.ua/pdf/24_2019/15.pdf

Liang, J. "Confusion Matrix: Machine Learning". POGIL Activity Clearinghouse. 2022. <https://pac.pogil.org/index.php/pac/article/view/304>

Lukianenko, I. H., and Vit, D. *Systemnyi analiz formuvannia derzhavnoi polityky v umovakh makroekonomichnoi destabilizatsii* [Systematic Analysis of State Policy Formation in Conditions of Macroeconomic Destabilization]. Kyiv: NaUKMA, 2017.

Merenkova, L. O. "Otsinka derzhavnoho borhu ta borhovoï polityky u konteksti zabezpechennia borhovoï bezpeky Ukrainy" [Assessment of Public Debt and Debt Policy in the Context of Ensuring Ukraine's Debt Security]. Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky. 2018. <http://global-national.in.ua/archive/22-2018/155.pdf>

Nezalezna asotsiatsiia bankiv Ukrainy. <https://nabu.ua>

Pilko, A. D., and Kis, V. V. "Postanovka ta vyrishennia zadachi otsinky i analizu investytsiinoi skladovoï bezpeky rozvytku rehionu" [Statement and Solution of the Problem of Evaluating and Analyz-

ing the Investment Component of the Region's Development Security]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (2016): 300-306.

Pilko, A. D., and Savchuk, N. V. "Modeliuvannia protsesu otsiniuvannia rinvnia ekonomichnoi bezpeky rehionu" [Modeling the Process of Evaluation of the Level of Economic Security of Region]. *Biznes Inform*, no. 8 (2015): 77-84.

Pilko, A. D., and Savchuk, N. V. "Vyznachennia porohovykh rinvniv ekonomichnoi bezpeky terytorialnykh system rehionu na osnovi modelei dyskryminantnoho analizu ta metodu evklidovoï vidstani" [Determining the Threshold Levels of Economic Security of the Region's Territorial Systems on the Basis of Models of Discriminant Analysis and Euclidean Distance]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (2016): 307-313.

Primierova, O. K., and Osadcha, K. I. "Otsiniuvannia borhovoï navantazhennia ta platospromozhnosti Ukrainy na suchasnomu etapi" [Assessment of the Debt Burden and Solvency of Ukraine at the Current Stage]. *Efektivna ekonomika*. 2020. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8253>

Shrestha, M. B., and Bhatta, G. R. "Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis". *The Journal of Finance and Data Science*, vol. 4 (2) (2018): 71-89.

DOI: 10.1016/j.jfds.2017.11.001

Zettelmeyer, T. W. "Sovereign Debt Sustainability and Central Bank Credibility". IMF. January 28, 2022. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2022/01/28/Sovereign-Debt-Sustainability-and-Central-Bank-Credibility-512335>

Стаття надійшла до редакції 11.05.2023 р.

■