

СТАТИСТИЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕРЖАВНОГО БОРГУ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ПРОЦЕСІВ БОКСА-ДЖЕНКІНСА

О.В. Царук

аспірант економічного факультету,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Вивчені сучасні методики вибору моделі прогнозу відповідно до поставлених задач та наявних обмежень. Здійснений аналіз критеріїв оцінки адекватності моделі прогнозу та запропонована методика їх використання. Побудована ARIMA модель прогнозу прямого державного боргу України із врахуванням фактору циклічності.

Зважене науково обґрунтоване управління економічними процесами країни вимагає не тільки глибокого аналізу поточних даних про результати розвитку економіки, але й оцінки майбутніх тенденцій розвитку. А це у свою чергу потребує наявності інформації про ймовірні шляхи розвитку процесу чи явища, тобто його прогнозування.

Проблема методології прогнозування макроекономічних явищ та процесів займає чільне місце в наукових працях як вітчизняних, так і закордонних учених, а саме: А. Єріної, О. Черняка, Г. Бокса (Box G. E. P.), Г. Дженкінса (Jenkins G. M.), Д. Джерджоффа (Georgoff D.M.), Р. Мердіка (Murdick R.G.) та ін. Методологічні сторони моделювання динаміки макроекономічних показників досить ґрунтовно досліджені вітчизняними авторами, зокрема в площині статистичного моделювання та прогнозування [1,2]. Закордонними дослідниками зроблено значний внесок у побудову класифікацій методів прогнозуванні та методик прийняття рішення про вибір оптимального методу прогнозування [3].

Американськими вченими Д. Боксом та Г. Дженкінсом у кінці ХХ століття було розроблено новий метод прогнозування часових рядів, який набув широкого застосування на практиці. Використання процесів Бокса-Дженкінса дає змогу побудувати досить точну та адекватну модель прогнозу на короткостроковий період, проте через нестационарність для побудови більш точного довгострокового прогнозу цей метод потребує вдосконалення.

Метою нашого дослідження є побудова моделі прогнозу державного боргу України на коротко- та середньострокову перспективи. Це потребує вирішення таких завдань:

- вивчення сучасних методик вибору моделі прогнозу відповідно до поставлених задач та наявних обмежень;

- визначення системи критеріїв оцінки адекватності моделі прогнозу та методики їх застосування; побудова моделі прогнозу прямого державного боргу України.
- У сучасній статистичній теорії існує багато різноманітних методів прогнозування економічної інформації. Значна їх частина стосується прогнозування часових рядів, особливістю якого є те, що аналізуються лише дані спостережень без додаткової інформації, тобто без аналізу впливу зовнішніх факторів. Звичайно, такий аналіз є досить неповним, але доволі часто прогнози часових рядів є більш точними порівняно з іншими методами прогнозування.

Перед тим, як приступати до побудови моделі прогнозу слід, спочатку зважити відповідність поставлених завдань наявним ресурсам для їх реалізації та, виходячи з цього, обрати метод прогнозування. Значно спрощує цей процес використання багатокритеріальних систем вибору моделі, прикладом яких можуть бути таксономічні схеми.

Існує цілий ряд таксономій моделей для прогнозування. Однією з найдетальніших є таксономія, розроблена Джорджоффом та Мердіком у 1986 р. У ній застосовуються такі критерії: часу; питань, на які потрібно дати відповідь; вимог до ресурсів; вхідних даних та результатів прогнозу. Комбінації можливих методів прогнозування та критеріїв їх вибору подано у вигляді таблиці [3].

Розглянувши доцільність використання тих чи інших методів прогнозування згідно з критеріями вибору, сформульованими у таксономії Джорджоффа та Мердіка, ми дійшли висновку, що з усієї множини методів, прийнятих для короткострокового прогнозування державного боргу, найбільш ефективним у наших умовах буде використання методу Бокса-Дженкінса.

Порівняно з підходами, заснованими на трендах і сезонних коливаннях, підхід Бокса-Дженкінса відрізняється більш міцним статистичним фундаментом, однак є менш наочним. Після виділення найбільш адекватної моделі у рамках сімейства ARIMA А-процесів Бокса-Дженкінса можна буде одержати цілком прийнятні статистичні міри невизначеності.

Результуючі ARIMA-процеси є лінійними статистичними моделями, що дозволяють досить точно описувати поведінку тимчасових рядів різних типів, включаючи навіть середньострокове "блукання" так званого циклу ділової активності (або економічного циклу).

У множині ARIMA-процесів Бокса-Дженкінса вибирається досить простий процес, що дозволяє одержати дані, які в цілому мають вигляд приблизно такий самий, як фактичний ряд (за винятком фактору випадковості). Для цього

необхідно вибрати конкретний тип моделі й оцінити необхідні параметри на основі фактичних даних. Якщо зміни в ряду динаміки детермінуються процесом авторегресії та ковзної середньої, то сам цей ряд відповідає процесу авторегресійного інтегрованого ковзного середнього. Цей процес "знає", де він перебуває, "пам'ятає", як він потрапив у цей стан, та навіть частину попереднього шумового компонента. Отже, ARIMA-процеси можна використати як модель для сукупності даних часового ряду, які є дуже гладкими, з повільними змінами напрямку. Ці ARIMA-процеси є нестационарними через включення в них інтегрованого компонента. Таким чином, із часом подібний ряд, як правило, відхиляється все далі й далі від свого вихідного стану.

Внаслідок нестационарності такі прогнози можуть виявляти тенденцію до нескінченного наростання (або зниження), а границі прогнозів будуть розширюватися в міру перенесення термінів прогнозування на все більш віддалене майбутнє. Тому такі моделі використовуються для прогнозування на коротко- та середньо-строковий періоди.

Д. Боксом та Г. Дженкінсом було розроблено метод аналізу часових рядів, які можна задати у вигляді ARIMA-процесів [4]. За допомогою цього методу можна знаходити всі невідомі параметри. Вибір відповідної моделі для часового ряду здійснюється у три етапи: ідентифікація, оцінка та діагностика моделі.

Ідентифікація моделі здійснюється шляхом порівняння функцій автокореляції та часткових автокореляційних функцій часового ряду з теоретичними функціями різних ARIMA-процесів; для цього обираються параметри моделі: p - кількість лагових змінних, q - кількість лагових збурень, d - кількість різниць. Потім модель оцінюється за допомогою відповідної методики, при цьому найчастіше коефіцієнти моделі знаходяться шляхом максимізації функції правдоподібності. Діагностика моделі здійснюється за допомогою ряду критеріїв, за якими перевіряють властивості залишків, придатність моделі, визначають, чи адекватна модель відповідному процесу.

Застосування всіх критеріїв одночасно може призвести до прийняття суперечливих рішень. Наприклад, використання коефіцієнта детермінації сприяє збільшенню параметрів p , q , d , тому застосовувати лише цей критерій для прийняття рішень не варто. І навпаки, зважений коефіцієнт детермінації приводить до зменшення числа доданків у ARIMA-процесах.

Після того, як оцінені коефіцієнти моделі, потрібно визначити наскільки адекватно ця модель описує часовий ряд. Слід зауважити, що числові критерії лише видають певне значення, за яким можна зробити висновок про адекватність моделі. Зазначимо також, що найбільш точну її

оцінку дають інформаційний критерій Шварца-Ріссанена (SIC) і критерій Ханнана-Квіна (HQ), оскільки при $t \rightarrow \infty$ вони повністю ідентифікують істинну модель. Самостійне використання критерію Акай-ке (AIC) призводить до неадекватного збільшення числа параметрів моделі [2].

Оскільки точна специфікація моделі невідома, використовують критерії, що дозволяють вибирати з деякої множини моделей найкращу. Найпоширенішими критеріями є критерій Шварца-Ріссанена (SIC) і критерій Акайке, їх значення автоматично визначаються багатьма спеціалізованими комп'ютерними програмами. Обидва критерії дозволяють обирати найкращу модель із множини різних специфікацій. Вони побудовані так, щоб урахувати вплив двох протилежних тенденцій на якість апроксимації моделі. При додаванні змінних у модель якість апроксимації в загальному випадку збільшується. Число змінних повинно бути помірним, щоб не викликати штучної апроксимації залежної змінної пояснючими. З іншого боку, включення недостатньої кількості змінних у модель дає більшу стандартну помилку.

З метою побудови прогнозу прямого державного боргу України нами було визначено оцінки параметрів для 61 специфікації ARIMA-моделі з кількістю параметрів p, q, d від 1 до 4. Динамічний ряд складається з 61 спостереження - поквартальні дані прямого державного боргу з 1992 р. до I кварталу 2007 р. Для кожної специфікації були розраховані такі інформаційні критерії: BIC (Schwarz's Bayesian criterion - аналог SIC), AIC, Log-Likelihood, Model Std. Error (стандартна помилка моделі), а також t -статистика з метою подальшого прийняття рішення щодо вибору найбільш адекватної моделі. Наявність декількох критеріїв ускладнює вибір оптимальної специфікації моделі. Тому ми пропонуємо такий підхід до використання критеріїв для вибору найбільш правдоподібної моделі. Масив значень критеріїв моделей сортується у наступному порядку: BIC-min, AIC-min, Log-Likelihood-max, Model Std. Error-min. Відповідно, для подальшого аналізу обираються моделі із найменшими значеннями SIC, AIC, Model Std. Error і найбільшим значенням Log-Likelihood. Серед даних моделей обираються та в якій середнє значення значимості параметрів моделі розраховане на основі t -статистики є найбільшим.

Використовуючи програмний продукт SPSS 13.0, нами були побудовані моделі типу ARIMA (p, q, d) із константою, де $1 \leq p, q, d \leq 4$, та отримані значення перелічених вище критеріїв для кожної з них. Керуючись зазначеним вище підходом, серед них було обрано п'ять (див.табл. 1), а також зроблені прогнози на наступні 7 кварталів (див. рис. 1, за даними [5]).

Критерії адекватності моделі

Mod_№	ARIMA			BIC	AIC	Log-Likelihood	Model Std. Error
	AR (p)	I (d)	MA (q)				
11	1	3	3	1808,497	1798,195	-894,097	1146654,1
54	4	3	1	1814,286	1801,923	-894,961	1220598,5
27	1	3	4	1815,554	1803,191	-895,596	1201429,0
38	2	4	3	1815,97	1803,712	-895,856	1579189,7
57	4	3	4	1817,014	1798,47	-890,235	1110485,4

Серед цих п'яти моделей найбільшу середню значущість мають параметри моделі №11 - 94,7 (0,99; 0,99; 0,99; 0,99; 0,74). Отже, ця модель ARIMA (1,3,3), на нашу думку, найбільш точно описує тенденцію динаміки прямого державного боргу України та відповідно забезпечує найбільшу точність прогнозу. Обрана нами модель відображає тенденцію зростання прямого державного боргу України в найближчі 7 кварталів. Результати прогнозування наведено на рис.1. (Зазначимо, що пунктиром позначені межі прогнозу $\alpha = 0,05$).

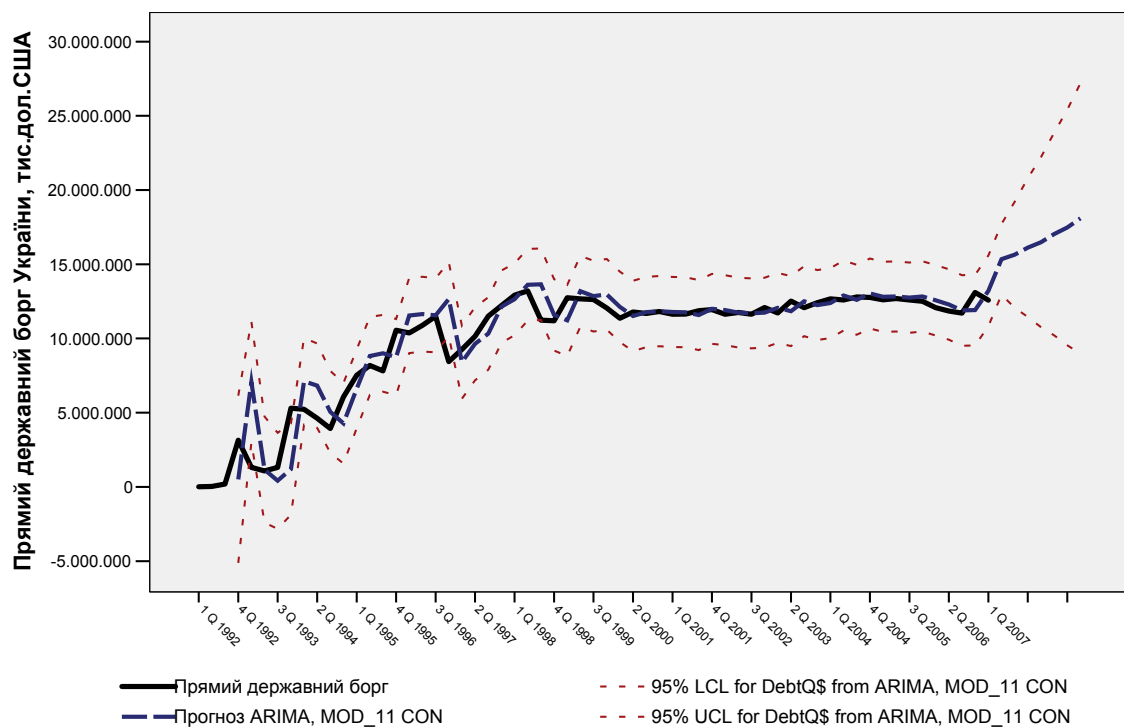


Рис.1. Модель прогнозу прямого державного боргу ARIMA (1,3,3)

Отже, на кінець 2007 року величина державного боргу України становитиме, за нашими оцінками, 16,118 млрд. дол. США, проте Законом України "Про Державний бюджет України на 2007 рік" граничний розмір прямого

державного боргу визначено на рівні 14,938 млрд, дол. США. Але статтею 12 дозволено здійснювати запозичення понад граничний рівень у випадку недофінансування за рахунок інших джерел, що є досить вірогідним у нинішніх умовах. Зважаючи на значний розмір дефіциту бюджету (у розмірі 3% ВВП) у 2007 році і на те, що основним джерелом його покриття є кошти від приватизації, цілком імовірним є зростання державного боргу до прогнозованого нами рівня в умовах невиконання плану приватизації. Додамо також, що хоча прогноз, побудований на основі ARIMA-моделі можна відзначити високою точністю та адекватністю, проте все-таки він орієнтований на прогнозування відповідно до тенденцій, що були закладені у попередні та поточний періоди.

Більшість макроекономічних процесів взаємопов'язані між собою, оскільки в цілому відображають динаміку розвитку економічної системи країни. Темп зростання державного боргу прийнято вважати ациклічним процесом, тобто на низхідній ділянці економічного циклу ВВП зменшується або сповільнюються темпи його зростання, а державний борг при цьому зростає і навпаки.

Середньостроковий циклічний компонент моделі являє собою процес послідовного зростання та спадання, який не повторюється щорічно. Оскільки ці коливання чергуються, їх не можна вважати випадковими та розглядати як випадкову помилку. Циклічну варіацію досить важко прогнозувати за межами найближчого минулого, проте вона є дуже важливою, через те що явища економічних циклів розглядаються як частина циклічної варіації в динаміці економічних показників.

Для оцінки циклічної варіації в динамічних рядах можна використати методику, яка застосовується для визначення індексів сезонності, проте, звичайно, сезонність уже буде вивчатися не в межах року, а протягом періоду, що об'єднував би в собі декілька повних циклів. В умовах України подібний аналіз можливий лише для так званих середніх хвиль тривалістю 7-10 років. Але на високу точність обчислених індексів циклічності розраховувати не можна, оскільки вони будуть базуватися лише на спостереженнях двох циклів. Ще однією проблемою є визначення моменту закінчення однієї хвилі та початку іншої, припускаючи, що довжина циклу наперед відома.

З метою визначення індексу циклічності державного боргу нами було використано методику, аналогічну застосованій для визначення індексу сезонності. Періодом порівняння були обрані два часові проміжки тривалістю 7 років: від 1993 р. до 1999 р. і від 2000 р. до 2006 р., припускаючи, що проміжок від 1999 р. до 2000 р. є кінцем одного циклу та початком іншого, оскільки саме в цей період відбувся перехід від економічного спаду до

піднесення. Темпи приросту ВВП у 1999 р. становили $-0,2\%$, а в 2001 р. - $5,9\%$. Варто зазначити, що темпи падіння ВВП на стадії рецесії значно переважали темпи зростання на висхідній стадії. Це можна пояснити тим, що на початку XXI століття в економіці України збіглися в часі фази так званих середніх і довгих хвиль. Припускаючи, що період 1993-2006 рр. включає всі фази економічного циклу, нами був розрахований середній рівень темпів приросту прямого державного боргу \bar{Y} , а індекс циклічності I_c обчислювався як відношення фактичних значень прямого державного боргу Y_t до \bar{Y} : $I_c = \frac{Y_t}{\bar{Y}}$

Проте з метою унаочнення дослідження темпів приросту державного боргу та ВВП подальший аналіз ми будемо здійснювати за допомогою коефіцієнта циклічності, який визначається відношенням річного абсолютного приросту прямого державного боргу ΔY_t до середнього рівню \bar{Y} в діапазоні, що розглядається: $K_c = \frac{\Delta Y_t}{\bar{Y}}$.

Отримані розрахунки показують значну варіацію індексу циклічності на стадії економічного спаду, проте лінія ковзного середнього коефіцієнта циклічності K_c ілюструє нам чітку циклічну тенденцію. На стику 1999-2000р. досліджувані нами показники перетинаються в одній точці та змінюють напрямки свого розвитку.

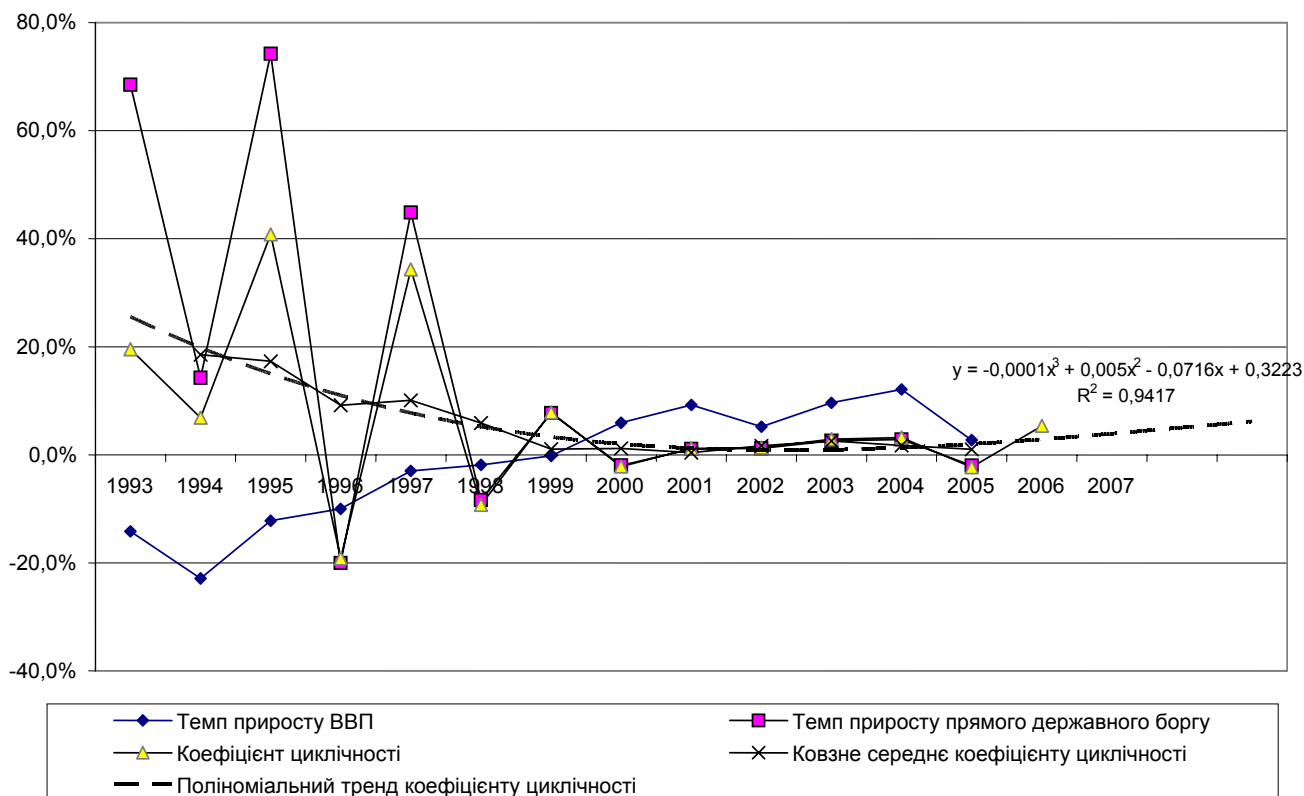


Рис.2. Екстраполяція індексу циклічності державного боргу

З метою прогнозування величин коефіцієнту циклічності K_c нами було побудовано тренд приросту прямого державного боргу України на основі згладженого ряду ковзного середнього (див. рис.2.). Прогнозне значення коефіцієнту циклічності K_c на 2007 рік становить - 2,55%, на 2008 рік - 3,58% і на 2009 рік - 4,71%. Причому модель прогнозу ($Y=0,0001t^3 + 0,005t^2 - 0,0716t + 0,3223$) має досить великий ступінь апроксимації, оскільки $R^2=0,9417$.

Згідно з моделлю прогнозу ARIMA (1,3, 3), темп приросту прямого державного боргу за 2008 рік становитиме 12,21%, а прогнозне значення коефіцієнта циклічності - 3,58%. Таким чином, можна виділити циклічну складову прогнозу державного боргу. Враховуючи те, що ARIMA-моделі є нестационарними, використовувати їх для прогнозування можливо лише на незначну кількість періодів, тоді як побудована нами поліноміальна модель прогнозу коефіцієнта циклічності спроможна зробити виважений прогноз на триваліші періоди (1/2 економічного циклу), але моделюючи лише циклічну варіацію державного боргу.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання таксономій методів прогнозування дозволяє значно спростити процес вибору оптимальної моделі прогнозу відповідно до наявних обмежень, ресурсів та поставлених перед дослідником завдань.

Використовуючи метод Бокса-Дженкінса, ми побудували ARIMA (1, 3, 3) - модель прогнозу прямого державного боргу України, яка дозволяє здійснювати прогнозування його величини на коротко- та середньостроковий період. Запропонований багатокритеріальний підхід щодо підбору оптимальної специфікації ARIMA-моделі.

За аналогією до процедури визначення індексу сезонності була розроблена методика розрахунку коефіцієнта циклічності приросту прямого державного боргу та зроблений його прогноз на середньострокову перспективу. Отримані розрахунки підтвердили гіпотезу про те, що державний борг є ациклічним макроекономічним показником, а прогноз коефіцієнта циклічності вказує на тенденцію до зростання циклічного компонента у загальній варіації приросту державного боргу в наступні роки.

Література:

1. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування. -К.: КНЕУ, 2001. - 170 с.
2. Черняк О.І., Ставицький А.В. Динамічна економетрика. - К.: КВІЦ, 2000. - 120 с.
3. Georgoff, D. M., R. G. Murdick. "Manager's Guide to Forecasting," Harvard Business Review. - 1986. -vol. 64, № 1. - P.110-120.
4. Box G. E. P., Jenkins G. M. Time Series Analysis, ForecastingControl. San Francisco: Holden Day. (DJP), 1970. - 203 p.
5. Офіційний сайт Міністерства фінансів України. - Режим доступу: www.minfin.gov.ua - Заголовок з екрана.