

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

УДК 330.35:336.748.12

DOI: <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2022-1-10>

### СИМУЛЬТАТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ ТА РІВНЯ ІНФЛЯЦІЇ УКРАЇНИ

**Л. М. ЗОМЧАК**кандидат економічних наук, доцент,  
доцент кафедри економічної кібернетики;**І. М. СТАРЧЕВСЬКА**студентка,  
Львівський національний університет імені Івана Франка

**Анотація.** Мета дослідження полягає у виявленні та кількісному обґрунтуванні взаємної залежності між інфляцією та економічним зростанням України. **Методика дослідження.** Для досягнення мети дослідження використано методи економетричного моделювання, а саме системи одночасних рівнянь. **Результати.** У дослідженні реалізовано симультазивну макромодель економіки України, що складається із двох одночасних рівнянь, де ендогенними змінними виступають реальний ВВП та індекс споживчих цін, а у якості факторних ознак обрано реальні споживчі видатки, частка експорту у ВВП, валове нагромадження основного капіталу, індекс цін виробників промислової продукції та індекс реальної заробітної плати. Економетричне дослідження моделі свідчить про її адекватність, досить високу точність та виконання для неї основних припущень кореляційно-регресійного аналізу. Вплив усіх факторних ознак симультазивної макроекономічної моделі на результуючі змінні статистично значущий. **Практична значущість результатів.** Загалом, результати проведеного економетричного моделювання свідчать про існування статистично значущого негативного впливу інфляції на економічне зростання України, який можна пояснити притосовуванням товаровиробників до змін на ринку шляхом скорочення обсягів випуску продукції. Результати можуть бути використані для прогнозування показників інфляції та ВВП України, а також для ухвалення ефективних управлінських рішень на макрорівні.

**Ключові слова:** симультазивна модель, макроекономічне моделювання, ВВП, інфляція, економічне зростання.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями.** Економічне зростання як один із важливих чинників розвитку держави включає не лише розбудову інфраструктури, а також соціальної сфери, підвищення рівня життя населення, впровадження інновацій, політичну стабільність тощо. Забезпечення економічного зростання держави зазвичай визначається як одне із важливих завдань економічної політики. Рівень зростання національної економіки визначається багатьма чинниками, тому важливо виділити серед них ті, котрі мають найбільший вплив, щоб обґрунтовано ухвалювати державні рішення.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Один зі способів дослідження взаємозв'язку між інфляцією та макроекономічним розвитком – застосування методів економетричного моделювання. Так у дослідженні [1] для тринадцяти країн Південно-Східної та Південної Азії побудовано симультазивну модель, у якій економічне зростання описується функцією від рівня інфляції та

інших незалежних змінних, а також лагового значення реального ВВП. У симультазивну модель для пакистанської економіки [2] включено рівняння, яке описує залежність темпу зростання ВВП від рівня інфляції, рівня заощаджень, середньозваженої процентної ставки, витрат на обслуговування державного боргу. Схожу макроеконометричну модель розроблено і для Нігерії [3]. С. Коркмаз [4] враховує також вплив банківського кредитування та економічне зростання та інфляцію. У статті [5] побудовано баєсівську векторну авторегресійну модель для прогнозування економічного зростання та інфляції Китаю. Також для дослідження зв'язку між показниками економічного розвитку та інфляцією застосовують методи панельного економетричного моделювання, наприклад у [6] розроблено модель для 94 країн з економікою, яка розвивається; у [7] для семи країн, які не є членами Базельського комітету з питань банківського нагляду; у [8] для 34 країн членів Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР); у [9] для Туреччини тощо.

Економетрична модель залежності між інфляцією та економічним зростанням розроблена у дослідженні [10], а метод одночасних рівнянь для дослідження макроекономічних процесів України використано у [11–13].

Практика застосування симультаивних моделей, що описували б взаємозалежність між економічним зростанням та рівнем інфляції для України не є поширеною.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою побудови макроеконометричної симультаивної моделі, що відображає залежність економічного зростання України від рівня інфляції, є дослідження взаємозв'язку між цими процесами та чинниками, що на них впливають, розробка та аналіз якості прогнозу на основі моделі, а також реалізація сценарію залежності реального ВВП України від різних рівнів інфляції.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Під час дослідження залежності економічного зростання від інфляції потрібно врахувати їхній взаємний вплив, що кількісно можна реалізувати у вигляді симультаивної моделі. На результати дослідження також матиме суттєвий вплив підбір чинників моделі. Так, за результуючі змінні системи одночасних рівнянь прийнято два показники, які найчастіше використовуються для кількісної характеристики процесів економічного зростання та рівня інфляції в Україні, а саме реальний ВВП, виміряний у постійних цінах 2016 р., та індекс споживчих цін на товари та послуги, що визначається у відсотках відносно попереднього кварталу.

При визначенні переліку екзогенних змінних, які доцільно включити у модель, перш за все, бралися до уваги усталені у економічній теорії підходи щодо бачення причинно-наслідкових зв'язків між досліджуваними макроекономічними процесами, екзогенні змінні підбирались таким чином, щоб забезпечити усебічне пояснення результуючих ознак, також розглядався ступінь кореляції різних можливих факторних ознак із відібраними залежними змінними. Для побудови симультаивної моделі залежності між інфляцією та економічним зростанням України використано

квартальні дані значень макроекономічних показників, наведених у таблиці 1, за 2000–2020 рр., що публікуються Державною службою статистики України [14]. Оскільки деякі із цих часових рядів (а саме реальний ВВП, кінцеві споживчі витрати та валове нагромадження основного капіталу) характеризуються сезонними тенденціями, то для побудови моделі було використано значення рівнів відповідних рядів із усуненням сезонних коливань.

Загальну специфікацію симультаивної моделі можна подати таким чином:

$$\begin{cases} y_{1t} = f_1(y_{2t}, x_{1(t-1)}, x_{2t}, x_{3(t-1)}) \\ y_{2t} = f_2(y_{1(t-1)}, y_{1(t-4)}, x_{4t}, x_{5t}) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} y_{1t} = \beta_{10} + \beta_{12}y_{2t} + \gamma_{11}x_{1(t-1)} + \gamma_{12}x_{2t} + \gamma_{13}x_{3(t-1)} + \varepsilon_{1t} \\ y_{2t} = \beta_{20} + \beta_{21}y_{1(t-1)} + \beta_{21}'y_{1(t-4)} + \gamma_{24}x_{4t} + \gamma_{25}x_{5t} + \varepsilon_{2t} \end{cases} \quad (2)$$

Скорочена (зведена) форму моделі має вигляд:

$$\begin{cases} y_{1t} = \pi_{10} + \pi_{11}x_{1t} + \pi_{12}x_{2t} + \pi_{13}x_{3t} + \pi_{14}x_{4t} + \pi_{15}x_{5t} + v_{1t} \\ y_{2t} = \pi_{20} + \pi_{21}x_{1t} + \pi_{22}x_{2t} + \pi_{23}x_{3t} + \pi_{24}x_{4t} + \pi_{25}x_{5t} + v_{2t}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $\pi_{ij}$  – невідомі параметри згорнутого вираження скороченої форми моделі,  $v_i$  – випадкові величини,  $i = 1, 2$ ,  $j = 0, 5$ .

Перше рівняння системи (1) представляє реальний ВВП України як функцію від індексу споживчих цін та частки експорту у ВВП у відповідному періоді, а також реальних кінцевих споживчих витрат домогосподарств та валового нагромадження основного капіталу за попередній квартал.

Як вже зазначалось, основною метою дослідження є аналіз впливу інфляції на економічне зростання України, адже, незважаючи на неоднозначність підходів, що склались в економічній теорії стосовно цього питання, більшість емпіричних досліджень все ж вказують на наявність оберненого зв'язку між двома змінними в українській економіці, який пояснюється тим, що способом пристосування товаровиробників до зростання рівня цін є скорочення їхнього випуску продукції, яке на макроекономічному рівні означає зниження реального ВВП.

Таблиця 1

Змінні симультаивні моделі економічного зростання України

Тип	Позначення	Опис	Одиниці виміру
Ендогенні	$y_1$	ВВП у постійних цінах 2016 р.	млн грн
	$y_2$	Індекс споживчих цін на товари та послуги (до попереднього кварталу)	%
Екзогенні	$x_1$	Кінцеві споживчі витрати домогосподарств у цінах 2016 р.	млн грн
	$x_2$	Частка експорту у ВВП	%
	$x_3$	Валове нагромадження основного капіталу у постійних цінах 2016 р.	млн грн
	$x_4$	Індекс цін виробників промислової продукції (до попереднього кварталу)	%
	$x_5$	Індекс реальної заробітної плати (до попереднього кварталу)	%

Експорт товарів і послуг береться до уваги при розрахунку ВВП країни. Коли у виробників закінчуються можливості для реалізації своїх товарів на внутрішньому ринку, вони виходять на міжнародний рівень, а іноземці, купуючи запропоновані їм товари, сприяють притоку капіталу у національну економіку країни товаровиробника, що створює підґрунтя для її економічного зростання.

Кінцеві споживчі витрати домогосподарств мають досить тісний прямий зв'язок із реальними обсягами виробництва у національній економіці. У модель включено цю факторну ознаку із лагом у один квартал: товаровиробники вбачають у зростанні споживання своєї продукції можливість для одержання додаткового доходу і пристосовуються до таких змін на ринку, збільшуючи власні обсяги виробництва, проте таке пристосування не може бути моментальним, тому у моделі розглядається залежність економічного зростання від рівня споживання за попередній квартал.

Останньою факторною ознакою, що описує рівень реального ВВП країни, є валове нагромадження основного капіталу. Ця змінна також включається в модель із лагом у один квартал. Основний капітал, до якого відносять виробничі споруди, машини, обладнання на інвентар, є основою забезпечення безперебійного та ефективного процесу виробництва. Збільшення вартості нагромадженого основного капіталу у національній економіці очікувано приводить до зростання випуску продукції у ній в наступному періоді.

Друге рівняння, яке розглядається для включення у систему (1), описує залежність індексу споживчих цін від реального ВВП із лагами у 1 та 4 квартали (такий зв'язок пояснюється сезонністю досліджуваних процесів), а також від індексу цін виробників промислової продукції та індексу реальної заробітної плати за відповідний період.

Очевидно, що у разі зростання цін у сфері промислового виробництва, для забезпечення одержання стабільного доходу, товаровиробники будуть змушені підвищувати ціни на продукцію, яку вони реалізують. Тому зміна індексу цін виробників безпосередньо впливає на значення індексу споживчих цін.

Тісний обернений кореляційний зв'язок спостерігається між ІСЦ та індексом реальної заробітної плати (ІРЗП), проте включати другу із цих змінних у якості факторної ознаки у модель слід обережно, адже питання причинно-наслідкового зв'язку між двома змінними є неоднозначним: з одного боку, реальний дохід споживачів безпосередньо залежить від купівельної спроможності грошової одиниці, а з іншого, у економічній теорії обґрунтовано ряд механізмів, що пояснюють вплив реальної заробітної плати на рівень цін у національній економіці.

Для визначення доцільності включення індексу реальної заробітної плати у модель здій-

снено оцінку причинно-наслідкових зв'язків між цією ознакою та індексом споживчих цін за допомогою тесту Грейнджера на казуальність, суть якого полягає у тому, що одна змінна вважається причинною щодо іншої, у разі якщо зміни її значення передують змінам значення іншої ознаки, а не навпаки. Для взаємозв'язку, що розглядається, це означає, що мають одночасно виконуватись дві умови: ІРЗП робить значний внесок у прогноз ІСЦ, і при цьому ІСЦ не робить значного внеску у прогноз ІРЗП.

Для перевірки часових рядів на стаціонарність (що є вимогою для застосування тесту Грейнджера) використано розширений тест Дікі-Фуллера (ADF – Augmented Dickey-Fuller test), результати проведення якого свідчать про стаціонарність обох вихідних часових рядів ( $(p(\text{Dickey-Fuller})) < 0,05$ ).

Результати проведення тесту Грейнджера наведено у табл. 1.

Таблиця 1  
Результати тесту Грейнджера на казуальність для визначення причинно-наслідкових зв'язків між індексами споживчих цін та реальної заробітної плати

Нульова гіпотеза	F-статистика	Prob. (p-значення)
ІРЗП не впливає на ІСЦ	4,0473	0,027
ІСЦ не впливає на ІРЗП	2,2618	0,120

Із таблиці 1 можна зробити висновок, що саме індекс реальної заробітної плати є причинною змінною стосовно індексу споживчих цін, а не навпаки. Економічне обґрунтування такого впливу є наступним: зростання реальної заробітної плати очікувано веде до зниження безробіття у національній економіці, якому, за кривою Філіпса, відповідає вищий рівень інфляції. У той же час реальний дохід споживачів безпосередньо пов'язаний із їхніми споживчими видатками, і зростання рівня споживання у національній економіці швидшими темпами, ніж підвищується рівень виробництва, цілком може стати причиною інфляції попиту.

В економічній теорії існує досить широке коло методів, що можуть бути застосованими для оцінювання параметрів системи одночасних рівнянь. Вибір того чи іншого способу залежить від ототожненості моделі.

Необхідною умовою ототожнення моделі є виконання умови порядку, яка для обидвох рівнянь виконується як строга нерівність ( $7 - 3 > 1 - 1$ ,  $7 - 4 > 1 - 1$ ), тому з великою ймовірністю можна зробити висновок щодо переототожненості усієї моделі, проте для перевірки цього припущення слід розглянути виконання достатньої умови ототожнення, а саме умови рангу.

Таблиця 2

Матриця коефіцієнтів симульативної моделі

Рівняння	$y_{1(t-1)}$	$y_{1(t-4)}$	$y_{2t}$	$x_{1(t-1)}$	$x_{2t}$	$x_{3(t-1)}$	$x_{4t}$	$x_{5t}$
1	0	0	+	+	+	+	0	0
2	+	+	0	0	0	0	+	+

У табл. 2 представлено загальну матрицю коефіцієнтів моделі, що буде розглядатись при перевірці виконання умови рангу.

Наступним кроком є формування для кожного із рівнянь матриці, яка включає тільки коефіцієнти змінних, включених в систему, але не в рівняння, що розглядається. І для першого, і для другого рівнянь ці матриці мають ранг одиницю.

Обидва рівняння за ранговою умовою, а отже, і уся модель, є перетотожненими. Залежно від ототожнення системи здійснюється вибір методу оцінювання її невідомих параметрів, найпоширені-

шими методами визначення оцінок параметрів перетотожненої системи є двокроковий та трикроковий методи найменших квадратів (2МНК та 3МНК).

Ідея двокрокового методу найменших квадратів полягає у заміні ендогенних ознак моделі на допоміжні змінні, які сильно корелюватимуть із ознаками, на місце яких вони були встановлені, проте не будуть корельованими із випадковими величинами  $\varepsilon$ .

У результаті проведеного оцінювання невідомих параметрів системи (2) двокроковим методом найменших квадратів модель набуває вигляду (4):

$$\begin{cases} y_{1t} = 445738,4 - 191239,1y_{2t} + 0,3569x_{1(t-1)} + 359186,8x_{2t} + 0,3412x_{3(t-1)} \\ y_{2t} = 0,9793 - 0,000000633y_{1(t-1)} + 0,000000482y_{1(t-4)} + 0,4517x_{4t} - 0,3153x_{5t} \end{cases} \quad (4)$$

Відношення детермінації ( $R^2$ ) для першого рівняння складає 0,93, що свідчить про високу точність розробленої моделі та її хорошу здатність пояснювати зміну значень результуючої ознаки.

Оцінку статистичної значущості параметрів моделі можна здійснити за допомогою  $t$ -критерію Стьюдента, розрахункові значення якого відповідно становлять:  $\beta_{10}$  6,88,  $\beta_{12}$  -3,16,  $\gamma_{11}$  8,65,  $\gamma_{12}$  13,82,  $\gamma_{13}$  2,52. Абсолютні значення кожного з  $t$ -критеріїв є більшими за критичне значення ( $t_{кр} = 2,03$ ), тому із ймовірністю 95% можна відкинути нульову гіпотезу про рівність нулю кожної із оцінок параметрів моделі та стверджувати про існування статистично значущого впливу факторів моделі на її результуючу змінну. Результати проведення  $F$ -тесту свідчать про адекватність регресії, адже розраховане значення  $F$ -критерію Фішера значно перевищує критичне  $F_{кр}$  (144,49 > 1,74).

Для перевірки правильності специфікації рівняння застосовано RESET-тест (Ramsey Regression Equation Specification Error Test (RESET) test), суть якого полягає у тому, що до рівняння регресійної моделі у якості факторних ознак додаються прогнозні значення результуючої змінної, піднесені до вищих ступенів, після чого оцінюється статистична значущість такого зв'язку. Нульова гіпотеза, що висувається при проведенні цього тесту, полягає у рівності нулю оцінок параметрів моделі, що відповідають додатковим змінним.

Розраховані  $p$ -значення для параметрів моделі, які стоять біля  $y_1^2$  та  $y_1^3$  становлять відповідно 0,2539 та 0,2542. Це свідчить про підтвердження із ймовірністю 95% висунутої нульової гіпотези, з чого можна зробити висновок про правильність обраної специфікації регресійного рівняння.

Для перевірки припущення щодо відсутності автокореляції між випадковими величинами використано тест Бройша-Годфрі (Breusch-Godfrey serial correlation LM-test). При його реалізації висувається нульова гіпотеза щодо відсутності кореляції між випадковими відхиленнями усіх порядків до порядку  $p$ . У результаті застосування цього тесту встановлено, що у моделі відсутня автокореляція випадкових величин до четвертого порядку, адже усі значення ( $p(\text{Breusch-Godfrey}) > 0,05$ ).

Окрім цього, здійснено перевірку виконання припущення щодо відсутності мультиколінеарності, тобто залежності між факторними ознаками у моделі, за допомогою VIF-тесту (Variance Inflation Factor). Значення цього показника відображає, у скільки разів збільшується дисперсія коефіцієнта регресії змінної за рахунок її кореляції із іншими регресорами.

Вважається, що для забезпечення виконання припущення щодо відсутності мультиколінеарності у моделі, значення дисперсійно-інфляційного VIF-фактору, обчислене для кожного із параметрів, має не перевищувати 5 [15]. У досліджуваній моделі максимальне значення цього показника відповідає коефіцієнту змінної  $x_3$  та становить 2,15, з чого можна зробити висновок про відсутність мультиколінеарного зв'язку у рівнянні регресії.

Результати аналізу свідчать про доцільність включення визначеного рівняння, де результуючою змінною виступає реальний ВВП, у симульативну модель.

Відношення детермінації ( $R^2$ ) для другого рівняння моделі складає 0,69, з чого можна робити висновок про досить високу точність регресійного рівняння. Модель є адекватною, адже зна-



чення  $F$ -критерію Фішера перевищує критичне  $F_{кр}$  ( $17,15 > 1,78$ ).

Значення  $t$ -критерію Стьюдента для параметрів рівняння регресії відповідно:  $\beta_{20}$  4,16,  $\beta_{21}$  -3,21,  $\beta_{21}$  2,41,  $\gamma_{24}$  3,76,  $\gamma_{25}$  -2,91. Усі абсолютні значення цих величин є більшими за критичне значення  $t_{кр} = 2,04$ , з чого можна зробити висновок про статистичну значущість залежності індексу споживчих цін від факторних ознак моделі.

Проведений RESET-тест не вказує на існування помилок специфікації:  $p$ -значення коефіцієнтів регресії, що відповідають змінним  $y_t^2$  та  $y_t^3$  становлять відповідно 0,83 та 0,78, що значно перевищує критичне значення 0,05. За результатами тесту із ймовірністю 95% можна відкинути гіпотезу щодо хибної функціональної специфікації залежності.

Результати проведеного тесту Бройша-Годфрі свідчать про відсутність автокореляції випадкових відхилень моделі до четвертого порядку: усі значення  $(p(\text{Breusch-Godfrey})) > 0,05$ .

$$\begin{cases} y_{1t} = 476250,8 - 215917y_{2t} + 0,364x_{1(t-1)} + 357156,1x_{2t} + 0,2736x_{3(t-1)} \\ y_{2t} = 1,0314 - 0,000000714y_{1(t-1)} + 0,000000537y_{1(t-4)} + 0,4072x_{4t} - 0,3047x_{5t} \end{cases} \quad (5)$$

Для перевірки того, який із методів оцінювання дав кращий результат, слід порівняти значення детермінанта варіаційно-коваріаційної матриці залишків для системи (Determinant residual covariance). Так, значення детермінанта для системи, оцінки якої визначені 2МНК, складає 69240,42, а для оціненої 3МНК моделі – 68299,69. Точнішою є та модель, для якої значення цього показника є меншим. Тому для подальшого дослідження та прогнозування розглядатиметься модель (5).

Значення оцінок її параметрів свідчать про прямий вплив факторних ознак на значення результуючих змінних. Як видно із системи (5), зростання індексу споживчих цін призводить про падіння реального ВВП. Цікавим є те, що на значення ІСЦ у поточному періоді обернений вплив має значення реального ВВП за попередній квартал, проте зв'язок інфляції із обсягом ВВП за відповідний квартал попереднього року є прямим.

Подальшим кроком дослідження є перевірка на адекватність уже цілої системи, яка здійснюється, зокрема, перевіркою наявності автокореляції в залишках макромоделі за допомогою тесту Portmanteau. Нульовою гіпотезою, що висувається, при цьому тесті, є відсутність автокореляції у залишках моделі. Результати виконання цієї перевірки наведено у табл. 3. Оскільки  $p$ -значення для всіх значень  $Q$ -статистики є більшими за 0,1, то з цього можна зробити висновок про прийняття нульової гіпотези та відсутність автокореляції залишків системи аж до 12-го лагу.

Значення VIF-факторів для усіх коефіцієнтів регресії не перевищують 3. Це означає відсутність кореляційного зв'язку між факторними ознаками у моделі.

Проведене дослідження обох регресійних рівнянь свідчить про їхню досить високу точність та статистичну значущість взаємозв'язків, які ними описуються, отже, їх може бути об'єднано у симультаивну модель.

Як правило, трикроковий метод найменших квадратів дозволяє знаходити точніші оцінки невідомих параметрів моделі, проте недолік цього методу полягає у його вищій чутливості до можливих помилок у її специфікації.

Ідея 3МНК полягає у використанні інформації про кореляцію помилок між рівняннями системи, завдяки чому одержують точні оцінки її невідомих параметрів.

Аналогічним чином, як і для попереднього методу, оцінено параметри системи (2) трикроковим методом найменших квадратів. Модель, побудована на їхній основі, має вигляд (5):

Таблиця 3

Результати виконання тесту Portmanteau

Лаг	Значення $Q$ -статистики	Prob. ( $p$ -значення)
1	4,48	0,35
2	8,49	0,39
3	14,38	0,28
4	18,89	0,27
5	24,54	0,22
6	26,72	0,32
7	36,62	0,13
8	42,17	0,11
9	44,77	0,15
10	45,51	0,25
11	50,41	0,23
12	53,57	0,27

Розраховані значення  $t$ -критерію Стьюдента та  $p$ -значення для оцінок усіх параметрів моделі наведено у табл. 4.

Оскільки усі  $p$ -значення є меншими за 0,05, то можна із ймовірністю 95% зробити висновок щодо статистичної значущості зв'язку, який описується моделлю, та відмінності від нуля оцінок усіх її параметрів. Відношення детермінації ( $R^2$ ) для обох рівнянь становлять відповідно 0,94 та 0,69. Загалом можна зробити висновок про адекватність та досить високу точність розробленої моделі.

Важливою метою побудови системи одночасних рівнянь, що описує взаємну залежність економічного зростання та інфляції України, є реалізація на її основі сценаріїв, тобто моделювання можливих варіантів розвитку макроекономічної системи.

Таблиця 4  
Значення *t*-критерію Стьюдента  
для оцінок усіх параметрів системи

Оцінка параметра	Значення критерію	<i>p</i> -значення
$\beta_{10}$	7,66	0,0000
$\beta_{11}$	-4,25	0,0001
$\gamma_{11}$	8,04	0,0000
$\gamma_{12}$	14,13	0,0000
$\gamma_{13}$	2,02	0,0477
$\beta_{20}$	4,86	0,0000
$\beta_{21}$	-3,99	0,0002
$\beta'_{21}$	2,96	0,0043
$\gamma_{24}$	3,75	0,0004
$\gamma_{25}$	-3,11	0,0028

Для забезпечення їхньої високої якості необхідно, щоб модель достатньо точно відтворювала дані ретроспективного періоду. Це є передумовою точності відтворення їх тенденцій у майбутньому.

Динаміку фактичних та прогнозних значень ендогенних ознак моделі (реального ВВП та ІСЦ) наведено на рис. 1–2.

Як видно із графіків, за досліджуваний період модель досить точно описує тенденції розвитку обох процесів. Розраховані значення показників якості прогнозу реального ВВП наведено у табл. 5.

Загалом можна зробити висновок про досить високу якість розробленого прогнозу: коефіцієнт Тейла може набувати значень від нуля до одиниці, і чим ближчим це число є до нуля, тим точнішим є прогноз. Для реального ВВП значення цього коефіцієнта становить лише 0,008, окрім цього,

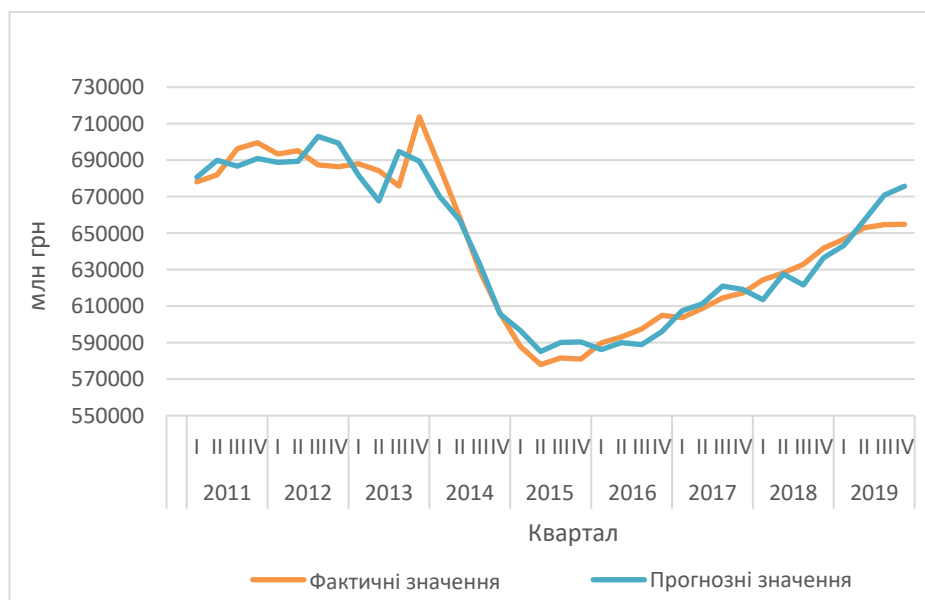


Рис. 1. Фактичні та прогнозні значення реального ВВП, млн грн

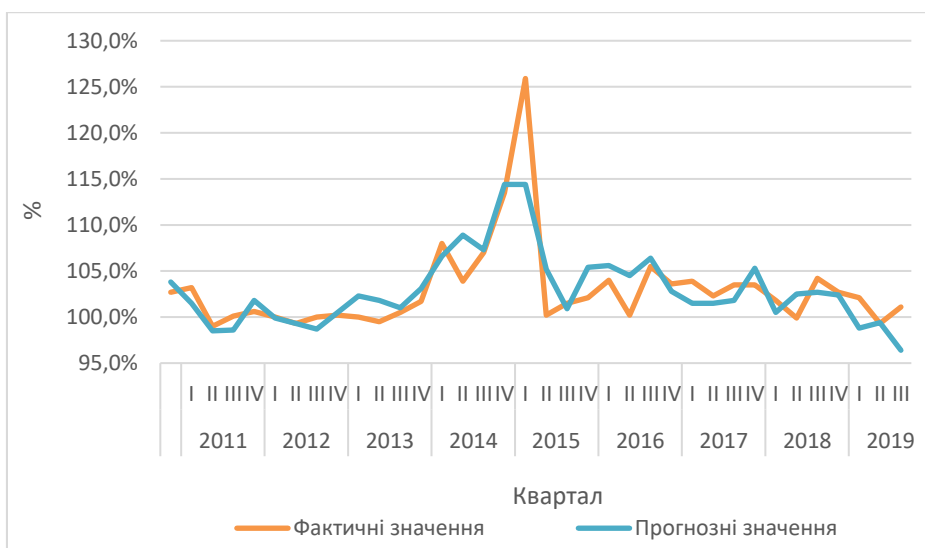


Рис. 2. Фактичні та прогнозні значення ІСЦ (до попереднього кварталу)

Таблиця 5

## Значення показників якості прогнозу реального ВВП

Показник	Значення
Середня помилка прогнозу (ME)	8371,444
Середня відносна помилка прогнозу (MPE)	1,283%
Корінь із середньої квадратичної помилки прогнозу (RMSE)	10254,85
Коефіцієнт невідповідності Тейла (U)	0,008 = 0,8%

Таблиця 6

## Значення показників якості прогнозу індексу споживчих цін

Показник	Значення
Середня помилка прогнозу (ME)	2,0%
Середня відносна помилка прогнозу (MPE)	1,85%
Корінь із середньої квадратичної помилки прогнозу (RMSE)	0,028761
Коефіцієнт невідповідності Тейла (U)	1,40%

низькою є середня відносна помилка прогнозу (1,28%).

Аналогічно оцінювалась якість прогнозу індексу споживчих цін. Результати розрахунку відповідних показників наведено у табл. 6.

Отже, модель також досить точно відтворює динаміку ІСЦ, проте, порівняно із прогнозом реального ВВП, прогноз ІСЦ виявився менш точним.

**Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі.** Загалом із аналізу розробленої моделі можна стверджувати про існування статистично значущого негативного впливу інфляції

на економічне зростання України. Розроблена симульативна система також враховує вплив на ці показники реального споживання, експорту, нагромадження основного капіталу, зростання цін на промислові товари і реальну заробітну плату у національній економіці. Можна стверджувати про досить високу якість побудованої моделі та її хорошу здатність відтворювати динаміку досліджуваних процесів. Водночас, інший підбір змінних моделі дозволив би дослідити вплив інших чинників та інфляцію та економічне зростання України, і, можливо, покращив прогнозні якості моделі, особливо, по другому рівнянню.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chaturvedi V., Kumar B., Dholakia R. H. Inter-Relationship between Economic Growth, Savings and Inflation in Asia. *Indian Institute of Management AHMEDABAD*. 2008. Vol. 7. № 1. 26 p.
2. Piyas M., Sabir H. M., Shehzadi A., Shoukat N. Inter-relationship among Economic Growth, Savings and Inflation in Pakistan. *Journal of Finance and Economics*. 2014. Vol. 2. № 4. P. 125–130.
3. Obi K. O., Yuni D. N., Ihugba O. A. Inflation and Growth Nexus in Nigeria: an Investigation into the Simultaneous Relationship. *International Journal of Development and Economic Sustainability*. 2016. Vol. 4. № 3. P. 25–32.
4. Korkmaz S. Impact of bank credits on economic growth and inflation. *Journal of Applied Finance and Banking*. 2015. № 5(1). P. 51.
5. Higgins P., Zha T., Zhong W. Forecasting China's economic growth and inflation. *China Economic Review*. 2016. № 41. P. 46–61.
6. Baharumshah A. Z., Slesman L., Wohar M. E. Inflation, inflation uncertainty, and economic growth in emerging and developing countries: Panel data evidence. *Economic Systems*. 2016. № 40(4). P. 638–657.
7. Batrancea L., Rathnaswamy M. K., Batrancea I. A panel data analysis on determinants of economic growth in seven non-BCBS Countries. *Journal of the Knowledge Economy*. 2022. № 13(2). P. 1651–1665.
8. Pradhan R. P., Arvin M. B., Bahmani S. Causal nexus between economic growth, inflation, and stock market development: The case of OECD countries. *Global Finance Journal*. 2015. № 27. P. 98–111.
9. Aydın C., Esen Ö., Bayrak M. Inflation and economic growth: A dynamic panel threshold analysis for Turkish Republics in transition process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2016. № 229. P. 196–205.
10. Грицюк П., Мулярчук О. Моделювання впливу інфляції на економічне зростання України. *Scientific Notes of Ostroh Academy National University, "Economics Series"*. 2014. № 27. С. 144–149.
11. Зомчак Л. М., Волошин І. Б. Симульативна модель інноваційного розвитку регіону. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 9. С. 854–858.
12. Лук'яненко І., Насаченко, М. Етапи побудови узагальненої макроекономічної симульативної моделі української економіки з урахуванням рівня тінізації: інструктивні матеріали. Київ : НФУКМФ. 2019. 116 с.
13. Фінансова політика в умовах тінізації та дисбалансів на ринку праці: методологія та інструментарій : монографія / за ред. І. Г. Лук'яненко. Київ : НаУКМА. 2020. 443 с.
14. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 03.05.2022).
15. Akinwande O., Dikko H. G., Agboola S. Variance Inflation Factor: As a Condition for the Inclusion of Suppressor Variable(s) in Regression Analysis. *Open Journal of Statistics*. 2015. № 5. P. 754–767.

## REFERENCES

1. Chaturvedi, V., Dholakia, R. H., & Kumar, B. (2008) Inter-relationship between economic growth, savings and inflation in Asia. *Indian Institute of Management AHMEDABAD*, 7, 1, 26.
2. Ilyas, M., Sabir, H. M., Shehzadi, A., & Shoukat, N. (2014) Inter-relationship among economic growth, savings and inflation in Pakistan. *Journal of Finance and Economics*, 2(4), 125–130.
3. Obi, K. O., Yuni, D. N., & Ihugba, O. A. (2016) Inflation and growth nexus in Nigeria: an investigation into the simultaneous relationship. *International Journal of Development and Economic Sustainability*, 4(3), 25–32.
4. Korkmaz, S. (2015) Impact of bank credits on economic growth and inflation. *Journal of Applied Finance and Banking*, 5(1), 51.
5. Higgins, P., Zha, T., & Zhong, W. (2016) Forecasting China's economic growth and inflation. *China Economic Review*, 41, 46–61.
6. Baharumshah, A. Z., Slesman, L., & Wohar, M. E. (2016) Inflation, inflation uncertainty, and economic growth in emerging and developing countries: Panel data evidence. *Economic Systems*, 40(4), 638–657.
7. Batrancea, L., Rathnaswamy, M. K., & Batrancea, I. (2022) A panel data analysis on determinants of economic growth in seven non-BCBS Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(2), 1651–1665.
8. Pradhan, R. P., Arvin, M. B., & Bahmani, S. (2015) Causal nexus between economic growth, inflation, and stock market development: The case of OECD countries. *Global Finance Journal*, 27, 98–111.
9. Aydın, C., Esen, Ö., & Bayrak, M. (2016) Inflation and economic growth: A dynamic panel threshold analysis for Turkish Republics in transition process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 229, 196–205.
10. Hrytsiuk, P., & Muliarchuk, O. (2014) Modelyuvannya vplyvu inflyatsiyi na ekonomichne zrostannya Ukrainy. *Scientific Notes of Ostroh Academy National University, "Economics Series"*, 27, 144–149.
11. Zomchak, L. M., & Voloshyn, I. B. (2016) Symultatyvna model innovatsiynoho rozvytku rehionu. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, 9, 854–858.
12. Luk'yanenko I., Nasachenko, M. (2019) Etapy pobudovy uzahalnenoyi makroekonomichnoyi symultatyvnoyi modeli ukrayinskoyi ekonomiky z urakhuvannyam rivnya tinizatsiyi: instruktyvni materialy. Kyiv, 116 p.
13. Financial policy in terms of shadowing and imbalances in the labor market: methodology and tools: a monograph (2020) / ed. I. G. Lukyanenko. Kyiv: NaUKMA, 443 p.
14. State Statistics Service of Ukraine. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (accessed 03 May 2022).
15. Akinwande, M. O., Dikko, H. G., & Samson, A. (2015) Variance inflation factor: as a condition for the inclusion of suppressor variable (s) in regression analysis. *Open Journal of Statistics*, 5(07), 754.

**Larysa Zomchak, Iryna Starchevska, Ivan Franko National University of Lviv. Simultaneous modeling of economic growth and inflation level in Ukraine.**

**Annotation.** The purpose of the investigation is to identify and quantify the interdependence between inflation and economic growth in Ukraine. **Methodology of research.** To achieve the goal of the investigation, econometric modeling methods were used, namely systems of simultaneous equations. **Findings.** The investigation reviewed scientific approaches to the nature and causes of two processes: economic growth and inflation, examined the relationship between them and reviewed empirical studies that explain it, analyzed the dynamics of these indicators in Ukraine for 2000–2020, which confirms the hypothesis that there is a close inverse relationship between them. A simultaneous macromodel of the Ukrainian economy was proposed, which consisting of two equations, the endogenous variables of which are real GDP and the consumer price index, and the factor variables are real consumer spending, the share of exports in GDP, gross fixed capital formation, industrial producer price index and real wage index. The model was tested for adequacy, has rather high accuracy and fulfillment of the basic assumptions of correlation-regression analysis. The influence of all factor variables of the model on the resulting variables is statistically significant. In addition, the equations system fairly and accurately reproduces the dynamics of the original series, so it can be used as an effective tool for macroeconomic forecasting. **Practical value.** In general, the results of the econometric modeling indicate the existence of a statistically significant negative impact of inflation on economic growth in Ukraine, which is explained by the adaptation of producers to changes in the market by reducing output. The result of the implementation of a scenario that considers the situation, if inflation in Ukraine's economy in all quarters would be 5% higher than the actual values, confirms the assumption of an inverse relationship between the two processes, however, due to the fact that the CPI values do not correspond to galloping inflation levels, such the impact is moderately insignificant and insufficient to provoke an economic downturn. The question of the impact of real GDP values on inflation in Ukraine is interesting: the results of the simulation show that the CPI value in the current period is reversed by the value of real GDP for the previous quarter, but the relationship between inflation and GDP for the corresponding quarter of the previous year is direct. The results can be used to forecast Ukraine's inflation and GDP, as well as to make effective management decisions at the macro level.

**Keywords:** simultaneous model, macroeconomic modelling, GDP, inflation, economic growth.