

УДК 330.43:51-77

**Н. В. Гибкіна**, канд. техн. наук, доцент,

**М. В. Сидоров**, канд. фіз.-мат. наук, доцент,

**О. В. Стороженко**, канд. техн. наук, доцент

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків

## **ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ІНФЛЯЦІЇ В УКРАЇНІ ЗА ДАНИМИ 2000–2015 РОКІВ**

Розглядається задача економетричного моделювання інфляції в Україні. За показник рівня інфляції обрано індекс споживчих цін. За допомогою процедури покрокової регресії за даними 2000–2015 рр. з низки економічних факторів виділено ті, що спричиняють найбільший вплив на досліджуваний показник рівня інфляції.

**Ключові слова:** *інфляція, дефлятор ВВП, індекс споживчих цін, регресійна модель, процедура покрокової регресії, коефіцієнт кореляції.*

**Вступ.** Дослідженню інфляційних процесів у економіці останніми роками приділяється все більше уваги, оскільки загальновідомо, що інфляція є складним багатофакторним явищем, яке впливає на всі сторони суспільного життя. Через те, що наслідки інфляції, як правило, носять негативний характер, край важливим є обґрунтоване керування цим процесом. Розуміння впливу інфляції неможливо без виявлення її причин, які можна визначити, наприклад, за допомогою методів математичного моделювання, зокрема, використовуючи апарат економетрики.

Регресійний аналіз дозволяє виявляти вплив окремих факторів та груп факторів на показник інфляції, а також встановлювати аналітичний вигляд цієї залежності. Оскільки інфляція спричиняється багатьма причинами різної природи (зокрема, соціальними, економічними тощо), то різні автори [1–4, 6, 9, 10], що займаються побудовою регресійних моделей цього процесу, досліджують залежність показника інфляції від різних груп факторів, проте вибір цих факторів не завжди достатньо математично обґрунтований. Отже, актуальним є впровадження у економетричне моделювання інфляції процедур, які б дозволили формально виділити найбільш впливові фактори.

**Метою роботи** є застосування процедури покрокової регресії до побудови регресійної моделі рівня інфляції.

**Побудова регресійної моделі.** Загальновизнаними показниками, що використовуються для кількісного опису темпів інфляції, є дефлятор ВВП (GDP Deflator) та індекс споживчих цін (Producer Price Index, PPI). Дефлятор ВВП дорівнює відношенню номінального ВВП (у ринкових

цінах поточного року) до реального ВВП (у цінах базового року) і характеризує загальний рівень цін у країні. Індекс споживчих цін розраховується як відношення вартості «споживчого кошика» у ринкових цінах поточного року до вартості «споживчого кошика» у ринкових цінах базового року і відображує зміни у часі загального рівня цін на товари та послуги, які населення купує для особистого споживання [3].

Дослідимо залежність індексу споживчих цін  $Y$  як показника рівня інфляції від наступних економічних факторів:  $X_1$  — витрати консолідованого бюджету, млн. грн.;  $X_2$  — середньорічний курс гривні до 100 дол. США, грн.;  $X_3$  — експорт товарів і послуг, млн. грн.;  $X_4$  — кінцеві споживчі витрати, млн. грн.;  $X_5$  — індекс цін виробників промислової продукції, %;  $X_6$  — рівень безробіття, %;  $X_7$  — розмір золотовалютних резервів НБУ, млрд. дол. США;  $X_8$  — доходи населення, млн. грн.;  $X_9$  — дефлятор ВВП, %;  $X_{10}$  — облікова ставка НБУ, %;  $X_{11}$  — грошовий агрегат МЗ, млн. грн.;  $X_{12}$  — коефіцієнт забезпеченості грошової маси золотовалютними резервами НБУ, %;  $X_{13}$  — середньорічні ціни на нафту марки Brent, дол. за барель;  $X_{14}$  — валовий внутрішній продукт (ВВП), млн. грн.

Наведений перелік показників є дуже широким і урахування їх всіх у моделі регресії спричинить те, що отриманий аналітичний вираз буде громіздким і мало зручним для подальшого використання. Крім того, може мати місце сильна корельованість якихось показників, а тому деякі з них можна виключити з моделі. З цих причин для побудови регресійної моделі інфляції застосуємо процедуру покрокової регресії, яка дозволить серед наведеної низки факторів виявити ті, що спричиняють найбільший вплив на індекс споживчих цін.

Суть процедури покрокової регресії полягає у наступному [8]. Нехай розглядається задача встановлення залежності між відгуком  $Y$  та  $p$  факторами  $X_1, \dots, X_p$ . На кожному етапі покрокової процедури для факторів, які не включені до регресійної моделі, обчислюються значення статистики  $F$ -включення  $F_{in}^{jx_i}$  та порогове значення цієї статистики  $F_{in}^*$ . Якщо максимальне зі значень  $F_{in}^{jx_i}$  для не включених змінних перевищує  $F_{in}^*$ , то відповідна змінна включається до регресійної моделі. Після включення чергової змінної проводиться спроба вилучити якусь із включених змінних з побудованої моделі. Для цього обчислюються значення статистики  $F$ -вилучення  $F_{out}^{(\bullet)}$  для кожної з включених у модель змінних та порогове значення цієї статистики

$F_{out}^*$ . Якщо найменше зі значень  $F_{out}^{(\bullet)}$  перевищує  $F_{out}^*$ , то змінних для вилучення немає, інакше з моделі вилучають ту змінну, якій відповідає найменше значення статистики  $F_{out}^{(\bullet)}$ . Для розрахунку величин  $F_{in}^*$ ,  $F_{out}^*$  використовується квантілі розподілу Фішера.

Економетричну модель рівня інфляції в Україні в 2000–2015 роках будуватимемо за вибіркою обсягу  $n = 16$  для змінних  $Y$ ,  $X_1$ , ...,  $X_{14}$ , отриману авторами на основі статистичних даних з [5, 7].

Основні результати застосування процедури покрокової регресії на рівні значущості  $\alpha = 0,15$  полягають у наступному.

*Етап 1.* На першому етапі алгоритму розраховуються значення статистики  $F$ -включення для всіх факторів  $X_1$ , ...,  $X_{14}$ , що аналізуються, та порогове значення, яке дорівнює  $F_{in}^* = 2,320$ . Максимальне значення статистики  $F$ -включення  $F_{in}^{yx_5} = 21,905$  відповідає змінній  $X_5$ , при цьому  $F_{in}^{yx_5} > F_{in}^*$ . Отже, вплив змінної  $X_5$  на  $Y$  визнається значущим. Рівняння парної лінійної регресії, що відповідає цій залежності, має вигляд

$$\hat{y} = 4,6995 + 0,9418x_5.$$

Дисперсійний аналіз цієї залежності дає значення  $F$ -відношення  $F_{сност.} = 21,905$  при критичному значенні  $F_{крит.} = 2,320$ . Множинний коефіцієнт кореляції дорівнює  $R = 0,781$ .

*Етап 2.* Продовжуючи процедуру вибору значущих факторів, розраховуємо значення статистики  $F$ -включення для факторів  $X_1$ , ...,  $X_{14}$  за винятком фактору  $X_5$ , який вже включено до моделі, та порогове значення  $F_{in}^* = 2,341$ . Максимальне значення статистики  $F$ -включення  $F_{in}^{yx_{10}} = 21,243$  відповідає змінній  $X_{10}$  і є більшим за порогове значення  $F_{in}^* = 2,341$ , отже вплив змінної  $X_{10}$  на  $Y$  визнається значущим, а змінна  $X_{10}$  включається до регресійної моделі. Рівняння множинної лінійної регресії, що відповідає цій залежності, має вигляд:

$$\hat{y} = 9,6417 + 0,8133x_5 + 0,8280x_{10}.$$

Цьому рівнянню відповідає значення  $F$ -відношення  $F_{сност.} = 37,410$  при критичному значенні  $F_{крит.} = 2,203$ . Множинний коефіцієнт кореляції дорівнює  $R = 0,923$ .

З метою перевірки можливості вилучення з побудованої моделі однієї з включених змінних  $X_5$ ,  $X_{10}$  розраховуємо для них значення статистики  $F$ -вилучення:

$$F_{out}^{yx_5(x_{10})} = 38,156, F_{out}^{yx_{10}(x_5)} = 21,243.$$

Оскільки обидва значення  $F_{out}^{yx_5(x_{10})}$ ,  $F_{out}^{yx_{10}(x_5)}$  перевищують порогове значення  $F_{out}^* = f_{0,15}(1;13) = 0,037$ , то змінних для вилучення на етапі 2 немає. Переходимо до наступного етапу.

*Етап 3.* Значення статистики  $F$ -включення розраховуємо для факторів  $X_1, \dots, X_{14}$  за винятком факторів  $X_5, X_{10}$ . Максимальне значення цієї статистики відповідає змінній  $X_9$  та дорівнює  $F_{in}^{yx_9} = 20,471$ . Оскільки воно перевищує розраховане порогове значення  $F_{in}^* = 2,365$ , то вплив змінної  $X_9$  на  $Y$  визнається значущим і ця змінна включається до регресійної моделі. Побудоване рівняння множинної лінійної регресії, що відповідає цій залежності, має вигляд:

$$\hat{y} = -11,6454 + 0,5910x_5 + 0,4068x_9 + 0,8351x_{10}.$$

Отримане при проведенні дисперсійного аналізу значення  $F$ -відношення дорівнює  $F_{сноч.} = 69,117$  при критичному значенні  $F_{крит.} = 2,128$ . Множинний коефіцієнт кореляції дорівнює  $R = 0,972$ .

Для перевірки можливості вилучення з побудованої моделі однієї з включених змінних  $X_5, X_9, X_{10}$  розраховуємо для них значення статистики  $F$ -вилучення:

$$F_{out}^{yx_5(x_9, x_{10})} = 37,342, F_{out}^{yx_{10}(x_5, x_9)} = 53,963, F_{out}^{yx_9(x_5, x_{10})} = 20,471.$$

Оскільки всі ці значення перевищують порогове значення  $F_{out}^* = f_{0,15}(1;12) = 0,037$ , то змінних для вилучення на етапі 3 немає. Переходимо до наступного етапу.

*Етап 4.* Максимальне значення статистики  $F$ -включення, яка розраховується для всіх факторів, що залишилися невиключеними в моделі, відповідає змінній  $X_{12}$  та дорівнює  $F_{in}^{yx_{12}} = 3,836$ . Воно перевищує розраховане порогове значення  $F_{in}^* = 2,395$ , а отже вплив змінної  $X_{12}$  на  $Y$  визнається значущим і змінна  $X_{12}$  включається до регресійної моделі. Цій залежності відповідає наступне рівняння множинної лінійної регресії:

$$\hat{y} = -8,6121 + 0,5513x_5 + 0,4644x_9 + 0,7966x_{10} - 0,1351x_{12}.$$

Отримане при проведенні дисперсійного аналізу значення  $F$ -відношення дорівнює  $F_{сноч.} = 65,050$  при критичному значенні  $F_{крит.} = 2,095$ . Множинний коефіцієнт кореляції дорівнює  $R = 0,980$ .

Перевіряючи можливість вилучення з побудованої моделі однієї з включених змінних  $X_5, X_9, X_{10}, X_{12}$ , дістанемо такі значення статистики  $F$ -вилучення:

$$F_{out}^{yx_5}(x_9, x_{10}, x_{12}) = 38,109, \quad F_{out}^{yx_{10}}(x_5, x_9, x_{12}) = 58,552,$$

$$F_{out}^{yx_9}(x_5, x_{10}, x_{12}) = 29,131, \quad F_{out}^{yx_{12}}(x_5, x_9, x_{10}) = 3,836.$$

Всі ці значення перевищують порогове значення  $F_{out}^* = f_{0,15}(1;11) = 0,037$ , тому змінних для видалення на цьому етапі немає.

*Етап 5.* Продовжуючи процедуру покрокової регресії, визначаємо, що максимальне значення статистики  $F$ -включення, розрахованої для тих факторів, що ще не були включені до моделі, відповідає змінній  $X_2$  та дорівнює  $F_{in}^{yx_2} = 0,622$ . Оскільки це значення менше за порогове  $F_{in}^* = 2,431$ , то жоден з факторів не може бути приєднаний до побудованої на етапі 4 моделі, отже, робота алгоритму завершується.

Таким чином, за допомогою процедури покрокової регресії було встановлено, що найбільший вплив на індекс споживчих цін, що розглядається як показник інфляції, завдають фактори  $X_5$  (індекс цін виробників промислової продукції),  $X_{10}$  (облікова ставка НБУ),  $X_9$  (дефлятор ВВП),  $X_{12}$  (коефіцієнт забезпеченості грошової маси золотовалютними резервами НБУ). Відповідне цій залежності рівняння множинної лінійної регресії було отримано на етапі 4 та має вигляд:

$$\hat{y} = -8,6121 + 0,5513x_5 + 0,4644x_9 + 0,7966x_{10} - 0,1351x_{12}.$$

Результати дисперсійного аналізу для побудованої моделі наведені в таблиці.

Таблиця

Таблиця дисперсійного аналізу

Джерело дисперсії	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	$F$ -відношення
Регресія	1923,714	4	480,929	65,050
Залишок	81,325	11	7,393	
Повна	2005,039	15		

**Висновки.** Множинний коефіцієнт детермінації дорівнює  $R^2 = 0,960$ . Це означає, що в побудованій моделі 96 % варіації індексу споживчих цін пояснюється обраними за допомогою покрокової процедури змінними, звідки можна зробити висновок про високу якість даної моделі.

Результати даної роботи є продовженням досліджень авторів за даною тематикою, започаткованих у [2]. У попередній роботі в якості показника інфляції  $Y$  було обрано дефлятор ВВП і за допомогою процедури покрокової регресії були виділені найбільш значущі для цього показника фактори: середньорічний курс гривні до долару

США, рівень безробіття, індекс споживчих цін, коефіцієнт забезпеченості грошової маси золотовалютними резервами НБУ. Для побудованої з використанням цих факторів регресійної моделі множинний коефіцієнт детермінації склав  $R^2 = 0,853$ .

Як бачимо, обидві моделі гарно описують відповідний показник рівня інфляції, про що свідчать великі значення коефіцієнту детермінації. Відмінності між групами значущих факторів можна пояснити тим, що кожен з досліджуваних показників рівня інфляції (дефлятор ВВП та індекс споживчих цін) мають свою економічну природу. Оскільки обидва ці показники використовуються як показники інфляції, то природним є те, що кожна з моделей містить залежність одного показника від іншого.

Побудована модель, звичайно, не може вважатися універсальною, але за її допомогою було виділено фактори, які мають найбільший вплив на розвиток інфляції у країні, що, у свою чергу, дозволить приділити їм особливу увагу при розробці протиінфляційних мір. Крім того, якщо розширити вихідну множину показників, з якої обираються найбільш значущі фактори, то можна буде отримати уточнені економетричні залежності. Також перспективним напрямом дослідження побудованої моделі з метою покращення її якості буде включення у неї доданків з часовим лагом.

### Список використаних джерел:

1. Белых Т. И., Бурдуковская А. В., Гутник Д. И. Исследование влияния различных экономических показателей на индекс потребительских цен средствами эконометрического анализа. *Известия ИГЭА*. 2014. № 3. С. 91–103.
2. Гибкіна Н. В., Сидоров М. В., Стороженко О. В. Економетричне моделювання рівня інфляції в Україні у 2000–2015 роках. Інформаційні технології та інновації в економіці, управлінні проектами і програмами: монографія. За заг. ред. В. О. Тімофєєва, І. В. Чумаченко. Харків: ФОП Панов А. М., 2016. С. 104–120.
3. Горидько Н. П. Регрессионное моделирование инфляционных процессов. М.: РосНОУ, 2012. 248 с.
4. Грабчук О. М. Інфляційна складова невизначеності розвитку економіки України. Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України. 2012. Вип. 36. С. 48–58.
5. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
6. Лук'яненко І. Г. Методологічні підходи до моделювання інфляційних процесів. *Наук. зап. НаУКМА. Сер. Екон. науки*. 2009. Т. 94. С. 5864.
7. Національний банк України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.bank.gov.ua>.
8. Afifi A. A., Azen S. P. *Statistical Analysis: A Computer Oriented Approach*. New York: Academic Press, 1979. 450 p.
9. Kirchner R., Weber E., Giucci R. Inflation in Ukraine: Results and policy implications of an empirical study. *Institute for Economic Research and Policy Consulting*. 2008. Berlin. 24 p.

10. Siliverstovs B., Bilan O. Modelling Inflation Dynamics in Transition Economies: The Case of Ukraine. *DIW Discussion Papers*. Berlin, April 2005. 22 p.

In this paper the problems of inflation in Ukraine (2000–2015) by multi-linear regression model was considered. As the indicator of inflation the producer price index was selected. Using the procedure of stepwise regression the factors which have the greatest impact on this indicator were obtained.

**Key words:** *inflation, GDP deflator, producer price index, regression models, stepwise regression, correlation coefficient.*

Одержано 16.02.2017

УДК 519.8

**В. М. Горбачук\***, д-р. фіз.-мат. наук, с. н. с.,

**О. О. Морозов\*\***, магістр,

**П. Г. Небогов\*\*\***, магістр

\* Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, м. Київ,

\*\* Deloitte, м. Москва, Росія,

\*\*\* Державний науково-дослідний інститут інформатизації

та моделювання економіки Міністерства економічного розвитку

і торгівлі України, м. Київ

## МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ ФІРМ РИНКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Поведінка фірм ринку Європи на природний газ краще моделюється конкуренцією Курно, ніж ціноотримуванням.

**Ключові слова:** *конкуренція, олігополія, ціноотримувач, рівновага Курно, транспортні витрати, цінова дискримінація.*

**Вступ.** Нехай на ринку однорідного продукту виробники можуть користуватися ринковою владою і визначають обсяги виробництва. Розглянемо спочатку несегментований ринок. Позначимо  $x_i$  та  $C_i(x_i)$  обсяг виробництва та загальні витрати відповідно виробника  $i = 1, \dots, n$ .

Тоді загальна пропозиція продукту на ринку становить  $X = \sum_{i=1}^n x_i$ , а ринкова ціна є функцією  $P(X)$ . Виробник  $i$  максимізує свій прибуток

$\pi_i(\vec{x}) = P(X)x_i - C_i(x_i)$ , де  $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$  — вектор змінних рішення, який включає змінні рішення  $x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n$  суперників. Вважаючи  $x_i > 0$ , необхідною умовою максимізації прибутку першого порядку є

$$0 = \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = P + x_i \left( \frac{\partial P}{\partial x_1} \frac{\partial x_1}{\partial x_i} + \frac{\partial P}{\partial x_2} \frac{\partial x_2}{\partial x_i} + \dots + \frac{\partial P}{\partial x_n} \frac{\partial x_n}{\partial x_i} \right) - \frac{\partial C_i(x_i)}{\partial x_i}.$$