

СЕКЦІЯ 8 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 336.748.12:330.43

DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2022-2-23>**Зомчак Л.М.**

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики
Львівського національного університету імені Івана Франка*

Дереш О.М.

*студентка
Львівського національного університету імені Івана Франка*

Zomchak Larysa

*Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics
Ivan Franko National University of Lviv*

Deresh Olha

*Student
Ivan Franko National University of Lviv*

ПАНЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ УКРАЇНИ

PANEL MODELLING OF INFLATION PROCESSES IN UKRAINE

АНОТАЦІЯ

У дослідженні реалізовано модель інфляційних процесів України на лонгітюдних даних. У якості факторних змінних для моделі використано індекс середньої заробітної плати, індекс промислової продукції, регіональні обсяги зовнішньої торгівлі товарами та рівень безробіття. Вхідна інформація щодо факторних змінних та індексу споживчих цін як результуючої змінної зібрана в розрізі областей України за період 2000–2020 рр. Для оцінювання параметрів панельної моделі інфляційних процесів України використано узагальнений метод найменших квадратів. За результатами моделювання відношення детермінації близьке до одиниці, за критерієм Фішера модель адекватна, усі параметри моделі статистично значущі. Загалом запропонована панельна модель інфляційних процесів України має хороші показники якості та придатна і може бути використана для прогнозування інфляції на регіональному рівні.

Ключові слова: панельна модель, макроекономічне моделювання, економетричне моделювання, інфляція, лонгітюдні дані.

ANNOTATION

Inflation is a well-known and at the same time still insufficiently explained phenomenon of the socio-economic life of any country. This fact is related to the complexity and uncertain of the problem of inflation processes, as well as the fact that the essence of inflation evolves in time and changes in space, depending on the specific economic and political conditions in which the state finds itself. The investigation implemented a model of inflationary processes of Ukraine based on longitudinal data. Average wage index, industrial production index, regional volumes of foreign trade in goods and unemployment rate were used as factor variables for the model. Input information on the factor variables and the consumer price index as the resulting variable was collected across the regions of Ukraine for the period 2000–2020. After conducting a series of tests (Durbin-Wu-Hausman test and

Wald test), the model was specified as a longitudinal data model with cross-sectional fixed effects. For such a model, it was necessary to apply the panel estimated generalized least squares method (panel EGLS), which is based on the assumed inequality of variance and therefore provides the opportunity to obtain the best linear estimates. After evaluating the unknown parameters of the model, namely the scalar coefficients, industrial production index, unemployment rate, average wage index, regional volumes of foreign trade in goods, we obtained the following values, respectively: 113.1856, 0.017839, -0.083791, -0.017515, -0.007895. In general, the quality assessment of the model gives good results. We can definitely state that the relationship between the consumer price index is close to 1, because the determination ratio is close to 1. Based on this, it is obvious that on average in the regions of Ukraine, 99.39% of changes in the consumer price index are explained by changes in the values of the average wage index wages, the index of industrial production, the size of regional volumes of foreign trade in goods and the level of unemployment. And the calculated value of the F-statistic exceeds the empirical value so the model adequately describes such a dependence. In general, the proposed panel model of inflationary processes of Ukraine has good quality indicators and is suitable and can be used for forecasting inflation at the regional level.

Key words: panel model, macroeconomic modeling, econometric modeling, inflation, longitudinal data.

Постановка проблеми. Інфляція, попри те, що спричиняє та має наслідком циклічності економіки, також є одним з важливих чинників, які визначають добробут країни, важливим індикатором ВВП, чинником купівельної спроможності валюти та, зрештою, важливим показником того, на скільки ефективною є монетарної політики держави. Інфляція як явище

макроекономічне визначається тими інфляційними процесами, які відбуваються не лише на макрорівні, а також на рівні регіонів. Тому доцільно дослідити інфляційні процеси в розрізі областей України, щоб краще розуміти природу і тенденції інфляції на рівні країни.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Дедалі більше науковців звертають увагу на важливість регіональних процесів, які впливають на інфляційні процеси на макрорівні. Для дослідження інфляційних процесів часто застосовують методи економетричного моделювання, наприклад в дослідженні У. Хебібаба зі співавторами [1] застосовують інтегровану авторегресійну модель ковзного середнього, у статті С. Гікунгу та співавторів [2] її модифікацію з урахуванням сезонності, Р. Портілло [3] реалізував структурну модель інфляції, Ф. Айкпесу [4] векторну модель корекції помилок, Д. Дінх [5] векторну авторегресійну модель, а Т. Олоко та співавтори [6] її модифікацію з урахуванням коінтеграції. Для моделювання інфляційних процесів на регіональному рівні застосовують панельні економетричні моделі. Так, у статті Е. Бехерумшена, Л. Слесмена та М. Вохера [7] панельна модель побудована для країн, які розвиваються, у статті С. Ердогана, Д. Юлдіріма та Е. Гедіклі [8] для європейських країн у умовах коронакризи, у дослідженні С. Тесоса [9] для країн еврозони, у дослідженні Д. Юніарті та Д. Росеї [10] для Індонезії, а в статті К. Бовдлера та Е. Мевіка [11] враховують при цьому відкритість економіки.

Щодо досліджень вітчизняних вчених, то вони також застосовують як економетричні методи загалом, як у дослідженні М. Оліскевич [12], так і методи панельного моделювання (статті Л. Зомчак, Г. Умриша [13]), симулятивного моделювання (у статті М. Негрей та співавтора [14]) а також непараметричні методи у дослідженні у статті М. Вдовин та С. Бєрези [15].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідження інфляційних процесів серед науковців особливо пожвавились в період коронакризи, що зумовлено особливостями монетарної політики центробанків у цей період та несподіваними високими темпами інфляції у багатьох країнах. Однак такі дослідження, зазвичай, не враховують особливостей регіонального розвитку країни, внесок окремих регіонів у підвищення чи зниження інфляції, динаміку економічних процесів у регіонах тощо. Застосування методів панельного моделювання дозволяє врахувати особливості інфляційних процесів в областях України та дослідити чинники, від яких вони залежать.

Формулювання цілей статті. Мета дослідження полягає у реалізації моделі інфляційних процесів в розрізі областей України на лонгітюдних даних, специфікувати та оцінити параметри панельної моделі інфляційних про-

цесів України для виявлення найважливіших чинників і прогнозу регіональної інфляції.

Виклад основного матеріалу. На розвиток інфляційних процесів впливає багато чинників, тому врахувати, а тим більше точно спрогнозувати їх для використання у вигляді випереджаючих індикаторів при побудові прогнозу інфляції досить складно. Аналіз регіональної економіки дозволяє припустити, що на інфляційні процеси в Україні найбільше впливають заробітна плата громадян, рівень зайнятості населення, а також загальна промисловість та економічний стан того чи іншого регіону. Окрім прямого впливу інфляція справляє і непрямий вплив на доходи основної маси населення через зміни в оподаткуванні.

У якості чинників, які впливають на індекс споживчих цін України та будуть включені в модель, обрано такі: індекс середньої заробітної плати; індекс промислової продукції; регіональні обсяги зовнішньої торгівлі товарами; рівень безробіття.

Якщо керуватись економічною теорією, то можна очікувати, що коефіцієнти індексу середньої заробітної плати, рівня безробіття та регіонального обсягу зовнішньої торгівлі товарами, ймовірно, будуть мати негативний знак, а коефіцієнт індексу промисловості – навпаки.

Беручи до уваги всі попередні міркування, специфікацію моделі панельних даних для прогнозування регіонального індексу цін можна записати в такому вигляді:

$$CPI_{it} = \alpha_i + \beta_1 AVGSAL_{it} + \beta_2 IPP_{it} + \beta_3 EXP_{it} + \beta_4 UNRATE_{it} \quad (1)$$

де i – індекс областей; t – індекс проміжку часу; α – скаляр; β_{it} – параметри моделі, що вимірюють часткові ефекти від зміни X_{it} в період t для певного i . CPI_{it} – індекс споживчих цін (%); $AVGSAL_{it}$ – індекс середньої заробітної плати (%); EXP_{it} – регіональні обсяги зовнішньої торгівлі товарами (%); $UNRATE_{it}$ – рівень безробіття (%).

Побудова моделі буде відбуватися в розрізі 24 областей України на основі ретроспективних даних за 2000–2019 роки [15].

Для того, щоб правильно оцінити модель і вибрати правильний тип моделі, необхідно провести тест Дарбіна-В'ю-Хаусмана, який дасть відповідь на це питання. Цей тест також перевіряє, чи дає оцінювання в разі випадкових ефектів незміщені оцінки чи ні. Результати тесту відображені у таблиці 1.

Таблиця 1

**Тест Дарбіна-В'ю-Хаусмана
перевірки методу оцінювання моделі**

Сумарний тест	χ^2 -статистика	Prob.
Випадковий період	43.347406	0.0000

Як бачимо, розраховане значення χ^2 -статистики менше, ніж критичне значення, розраховане за таблицею. Тобто, нульову гіпотезу

не відхиляють. Отже, можна зробити висновок, що краще наші дані буде описувати модель з фіксованими ефектами.

Наступний важливий тест при специфікації моделі це тест Вальда (Wald) (табл. 2). Він дає чітке розуміння того, чи дійсно потрібно використовувати крос-секційні ефекти.

Таблиця 2
Тест Вальда для специфікації моделі

Сумарний тест	Значення	Prob.
F-статистика	3.593377	0.0071
X ² -статистика	14.37351	0.0062

Згідно з отриманим значенням F-статистики, ми не можемо відкинути нульову гіпотезу (р-значення F-статистики не дорівнює 0.0000) про те, що модель із загальним перетином гриша, ніж модель з фіксованими ефектами. Тобто при застосуванні крос-секційних ефектів модель буде давати більш точні результати.

Отже, в результаті проведених тестів отримали модель з фіксованими крос-секційними ефектами інфляційних процесів у розрізі регіонів.

Для того, щоб оцінити таку модель необхідно використовувати узагальнений метод найменших квадратів (panel EGLS), адже такий підхід дозволяє нам у майбутньому уникнути проблем пов'язаних з автокореляцією та гетероскедастичністю (припущення про постійність дисперсії). Тобто, на відміну від звичайного методу найменших квадратів, цей метод враховує інформацію про неоднаковість дисперсії і тому дає можливість одержати найкращі лінійні оцінки.

Специфікована панельна модель інфляційних процесів України матиме вигляд:

$$CPI_{it} = \alpha_i + \beta_1 AVGSAL_{it} + \beta_2 IPP_{it} + \beta_3 EXP_{it} + \beta_4 UNRATE_{it} - IID, \quad (2)$$

де IID – незалежні випадкові величини з математичним сподіванням нуль та постійною дисперсією; i – індекс областей; t – індекс проміжку часу; α – скаляр; β_i – параметри моделі, що вимірюють часткові ефекти від зміни X_{it} в період t для певного i ; CPI_{it} – індекс споживчих цін (%); $AVGSAL_{it}$ – індекс середньої заробітної плати (%); EXP_{it} – регіональні обсяги зовнішньої торгівлі товарами (%); $UNRATE_{it}$ – рівень безробіття (%)

Після оцінки параметрів моделі отримуємо такі результати (табл. 3).

Очевидно, що всі зміни є статистично значущі, тому що значення prob. є меншими за 0.05.

Як і у випадках парних регресій, стандартна похибка характеризує розсіювання фактичних значень результуючої змінної навколо теоретичних. Ми можемо стверджувати що для кожної змінної з таблиці 3 це значення є досить малим і наближеним до 0. Це в результаті означає, що між змінними можливий функціональний зв'язок.

Тоді модель набуде такого виду (3):

$$CPI_{it} = 113.1856 - 0.017515 * AVGSAL_{it} + 0.017839 * IPP_{it} - 0.007895 * EXP_{it} - 0.083791 * UNRATE_{it}. \quad (3)$$

Якщо порівняти результати розрахованих значень за моделлю панельних даних і фактичних, то можна побачити, що модель є досить точною, а відмінність у значеннях незначною (табл. 4).

Якщо говорити про оцінювання критеріїв якості моделей лонгітюдних даних є певною мірою відмінним від класичного багатофакторного аналізу.

Одна з причин цього полягає в тому, що в залежності від досліджуваних проблем важливість внутрішньої групової та між групової варіації даних може бути різною.

Іншою причиною є те, що як звичайний, так і скорегований коефіцієнти детермінації можуть застосовуватися лише у випадку оцінювання моделей звичайним методом найменших квадратів. Тому при визначенні якості моделей лонгітюдних даних береться до уваги значення коефіцієнта детермінації, розрахованого як квадрат коефіцієнта кореляції між фактичними та теоретично розрахованими значеннями досліджуваного показника.

При цьому значення коефіцієнта детермінації знаходяться в інтервалі [0, 1] незалежно від того, який метод оцінювання було застосовано для отримання розрахованих (теоретичних) значень.

Після розрахунку отримати значення, наведені у табл. 5.

Отже, за результатами з таблиці 5, можна зробити висновок про адекватність даної моделі. Середньоквадратичне відхилення набуває досить малого значення. Це означає, що випадкові величини є нормально розподілені.

Таблиця 3
Результати оцінювання параметрів моделі з фіксованими крос-секційними ефектами інфляційних процесів

Зміна	Коефіцієнти	Стандартна похибка	t-статистика	Prob.
C	113.1856	2.126146	53.2351	0.0000
IPP	0.017839	0.007047	2.53159	0.0119
UNRATE	-0.083791	0.037652	-2.225393	0.0269
AVGSAL	-0.017515	0.020596	-0.850420	0.0391
EXP	-0.007895	0.003526	-2.239198	0.026

Таблиця 4
Фактичні та розраховані показники
індексу споживчих цін

Область	CPI	CPI _{розрах}
Вінницька	111.20	111.33
Волинська	110.00	111.17
Дніпропетровська	113.00	112.07
Донецька	113.10	111.69
Житомирська	111.90	111.51
Закарпатська	111.80	110.97
Запорізька	113.00	111.82
Івано-Франківська	110.30	111.84
Київська	109.50	111.85
Кіровоградська	109.70	111.19
Луганська	112.80	112.14
Львівська	113.40	111.69
Миколаївська	112.80	111.51
Одеська	114.40	111.87
Полтавська	112.80	111.84
Рівненська	112.00	111.17
Сумська	110.80	111.44
Тернопільська	111.20	111.40
Харківська	112.90	111.68
Херсонська	112.60	111.67
Хмельницька	113.00	111.67
Черкаська	111.50	111.46
Чернівецька	110.10	111.49
Чернігівська	112.70	112.04

Таблиця 5
Критерії якості моделі логітюдних даних

Середньоквадратичне відхилення	0.916944
d-статистика	1.80590
Відношення детермінації	0.993981
F-статистика	2994.402
Prob	0.0000

Висновки з проведеного дослідження. За критерієм Дарбіна-Уотсона (d-статистика) впливає, що автокореляція відсутня, адже d-статистика є близькою до 2. Відношення детермінації набуває високого значення 0,99. Це дає розуміння того, що така модель є точною та має сильний зв'язок між результуючою та факторними ознаками. А розраховане значення F-статистики перевищує емпіричне (знайдене за таблицею розподілу Фішера), тобто можемо стверджувати, що модель адекватно описує залежність.

Після оцінки невідомих параметрів моделі, а саме коефіцієнтів скаляру, індексу промислової продукції, рівня безробіття, індексу середньої заробітної плати, регіональних обсягів зовнішньої торгівлі товарами, отримати відповідно такі значення – 113.1856, 0.017839, -0.083791, -0.017515, -0.007895. Якщо за припущенням, що один параметр є змінним, а інші дорівнюють нулеві, то зміна того фактора на 1% призведе до зміни індексу споживчих цін відповідно на 0.017839, -0.083791, -0.017515, -0.007895.

Загалом запропонована модель інфляційних процесів є придатна і може бути використана для прогнозування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

- Habibah U., Bhutto N. A., Ghumro N. H. Inflation Forecasting in SAARC Region using ARIMA Models. *Sukkur IBA Journal of Economics and Finance*. 2017. № 1(1). P. 38–58.
- Gikungu S. W., Waititu A. G., Kihoro J. M. Forecasting inflation rate in Kenya using SARIMA model. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. 2015. № 4(1). P. 15–18.
- Portillo R. A Structural Analysis of the Determinants of Inflation in the CEMAC Region. *Monetary Policy in Sub-Saharan Africa*. 2018. P. 419–435.
- Ikpesu F. Aid, Inflation, And Exchange Rate In Sub-Saharan Africa: Empirical Insights from Panel Vector Error Correction Model (PVECM) Approach. *The Journal of Developing Areas*. 2020. № 54(2).
- Dinh D. V. Impulse response of inflation to economic growth dynamics: VAR model analysis. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*. 2020. № 7(9). P. 219–228.
- Oloko T. F., Ogbonna A. E., Adedeji A. A., Lakhani N. Oil price shocks and inflation rate persistence: A Fractional Cointegration VAR approach. *Economic Analysis and Policy*. 2021. № 70. P. 259–275.
- 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.
- Erdoğan S., Yildirim D. Ç., Gedikli A. Dynamics and determinants of inflation during the COVID-19 pandemic period in European countries: A spatial panel data analysis. *Duzce Medical Journal*. 2020. № 22 (Special Issue). P. 61–67.
- Tasos S. Euro Area and Inflation Differentials: Evidence from a Dynamic Panel Data Model. *The Journal of Developing Areas*. 2021. № 55(3). P. 159–174.
- Yuniarti D., Rosadi D. Inflation of Indonesia during the COVID-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. (Vol. 1821, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.
- Bowdler C., Malik A. Openness and inflation volatility: Panel data evidence. *The North American Journal of Economics and Finance*. 2017. № 41. P. 57–69.
- Оліскевич М. О. Методологічні засади сучасного економічного моделювання та прогнозування інфляційних процесів в Україні. *Формування механізму стійкого розвитку економіки: теорія та практика* : колективна монографія. Дніпропетровськ : «ФОП Дробязко С. І.». 2014. С. 213–221.
- Зомчак Л. М., Умриш Г. Т. Моделювання залежності валового регіонального продукту від сільського господарства України на основі лонгітюдних даних. *Економіка і суспільство*. 2018. №16. С. 972–977.
- Zomchak L., Nehrey M. Economic Growth and Capital Investment: The Empirical Evidence. *The International Conference on Artificial Intelligence and Logistics Engineering*. Springer, Cham. 2022. P. 645–652.
- Вдовин М. Л., Береза С. В. Оцінювання впливу чинників на стан розвитку зовнішньої торгівлі за допомогою непараметричних методів аналізу. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. № 19. С. 566–570.
- Державна служба статистики України: [Веб-сайт]. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 03.05.2022).

REFERENCES:

1. Habibah, U., Bhutto, N. A., & Ghumro, N. H. (2017). Inflation Forecasting in SAARC Region using ARIMA Models. *Sukkur IBA Journal of Economics and Finance*, 1(1), 38–58.
2. Gikungu, S. W., Waititu, A. G., & Kihoro, J. M. (2015). Forecasting inflation rate in Kenya using SARIMA model. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 4(1), 15–18.
3. Portillo, R. (2018). A Structural Analysis of the Determinants of Inflation in the CEMAC Region. *Monetary Policy in Sub-Saharan Africa*, 419–435.
4. Ikpesu, F. (2020). Aid, Inflation, And Exchange Rate In Sub-Saharan Africa: Empirical Insights from Panel Vector Error Correction Model (PVECM) Approach. *The Journal of Developing Areas*, 54(2).
5. Dinh, D. V. (2020). Impulse response of inflation to economic growth dynamics: VAR model analysis. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(9), 219–228.
6. Oloko, T. F., Ogbonna, A. E., Adedeji, A. A., & Lakhani, N. (2021). Oil price shocks and inflation rate persistence: A Fractional Cointegration VAR approach. *Economic Analysis and Policy*, 70, 259–275.
7. 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.
8. Erdoğan, S., Yildirim, D. Ç., & Gedikli, A. (2020). Dynamics and determinants of inflation during the COVID-19 pandemic period in European countries: A spatial panel data analysis. *Duzce Medical Journal*, 22 (Special Issue), 61–67.
9. Tasos, S. (2021). Euro Area and Inflation Differentials: Evidence from a Dynamic Panel Data Model. *The Journal of Developing Areas*, 55(3), 159–174.
10. Yuniarti, D., & Rosadi, D. (2021, March). Inflation of Indonesia during the COVID-19 pandemic. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1821, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.
11. Bowdler, C., & Malik, A. (2017). Openness and inflation volatility: Panel data evidence. *The North American Journal of Economics and Finance*, 41, 57–69.
12. Olishevych M. O. (2014) Metodolohichni zasady suchasnoho ekonometrychnoho modelyuvannya ta prohozuvannya inflyatsiynykh protsesiv v Ukraini. Formuvannya mekhanizmu stiykoho rozvytku ekonomiky: teoriya ta praktyka: kolektyvna monohrafiya [Methodological principles of modern econometric modeling and forecasting of inflationary processes in Ukraine. Formation of the mechanism of sustainable development of the economy: theory and practice: collective monograph]. Dnipropetrovs'k: «FOP Drobyazko S. I.». P. 213–221.
13. Zomchak, L. M., & Umrysh, H. T. (2018). Modelyuvannya zalezhnosti valovoho rehional'noho produktu vid silskoho hospodarstva Ukrainy na osnovi lonhityudnykh danykh [Modeling the dependence of the gross regional product on the agriculture of Ukraine based on longitudinal data]. *Ekonomika i suspiilstvo*, no. 16, pp. 972–977.
14. Zomchak, L., & Nehrey, M. (2022). Economic Growth and Capital Investment: The Empirical Evidence. *In The International Conference on Artificial Intelligence and Logistics Engineering* (pp. 645–652). Springer, Cham.
15. Vdovyn M. L., Bereza S. V. (2017) Otsynuyvannya vplyvu chynnykiv na stan rozvytku zovnishn'oyi torhivli za dopomohoyu neparometrychnykh metodiv analizu. [Evaluation of the influence of factors on the state of foreign trade development using non-parametric methods of analysis]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, no. 19, pp. 566–570.
16. State Statistics Service of Ukraine: [Website]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed 03 April 2021).