

DOI: [10.32702/2307-2105-2020.12.85](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.12.85)

УДК 330.4:303.725

Д. Л. Пирогов,
к. т. н., доцент кафедри економіки,
Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук
ORCID ID: 0000-0002-4569-9308
В. К. Данилко,
д. е. н., професор, професор кафедри економіки,
Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук
ORCID ID: 0000-0001-5812-0185
В. В. Бала,
к. е. н., доцент кафедри економіки,
Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук
ORCID ID: 0000-0002-3285-4989
Я. Ю. Яковенко,
асистент кафедри економіки,
Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук
ORCID ID: 0000-0001-5042-2701

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИВЧЕННІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

D.Pirogov
PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
V. Danilko
Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
V. Bala
PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
Y. Yakovenko
Assistant of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

THE USE OF MATHEMATICAL METHODS IN THE STUDY OF SOCIO-ECONOMIC PROCESSES

У статті досліджено сутність та значення використання методів економіко-математичного моделювання в управлінні розвитком економічних систем на макрорівні. Розширення використання математичних методів при вивченні економічних процесів сприяло розробці системного підходу. Авторами розглянуто розвиток інструментарію економіко-математичного моделювання. Наголошено на тому, що задля розв'язання більшості

соціально-економічних проблем загострюється потреба у здійсненні математичного як основи обґрунтування рішень у подальшому, особливо в умовах невизначеності та ризику. Потреба в управлінні постає як необхідність вирішення суперечностей, що виникають між елементами соціально-економічної системи в процесі її розвитку та саморозвитку. Засвідчено неефективність застосування виключно статистичних методів аналізу, враховуючи нелінійність економічних процесів. Однією з основних умов забезпечення стабільного функціонування макросередовища залишається формування механізму ефективного управління інфляційними процесами та регулювання чисельності зайнятих на основі прогнозування шляхом використання математичних методів при їх вивченні. Акцентовано увагу на тому, що інфляційні процеси призводять до зниження життєвого рівня населення. Особливу увагу приділено закономірностям взаємозв'язку між інфляцією та безробіттям. В результаті дослідження було здійснено прогноз наведених показників на період 2020-2024 років. Запропоновано підходи забезпечення адекватності розробки економіко-математичних моделей, які дозволяють отримати прогнозні значення необхідних показників.

The paper is dedicated to the essence and importance of using methods of economic-mathematical modeling in managing the development of economic systems at the macro level. The expansion of the using methods of economic-mathematical modeling in the study of economic processes has contributed to the development of a systems approach. The authors also consider the development of tools which are used for economic and mathematical modeling. It was emphasized that the need to implement economic and mathematical modeling as a basis for justifying decisions in the future (especially in conditions of uncertainty and risk) in order to solve most of the socio-economic problems is growing. The purpose of the paper is to identify the features of socio-economic processes that are associated with ensuring economic equilibrium as well as to explain the nonlinear nature of processes and to determine the need for management based on internal contradictions and can be reliably measured. The need for management appears as the need to resolve the contradictions that arise between the elements of the socio-economic system in the process of its development and self-development. Strategic planning of socio-economic development becomes especially relevant because it is the basis for balanced economic growth as a whole. The inefficiency of application of exclusively statistical methods of the analysis, considering nonlinearity of economic processes, was also proved. One of the main conditions for ensuring the stable functioning of the macroenvironment is the formation of a mechanism for effective management of inflation and regulation of employment based on forecasting through the use of mathematical methods in their study. Emphasis was made on the fact that inflationary processes lead to lower living standards. Particular attention was paid to the patterns of the relationship between the inflation and the unemployment rate. As a result of the study, a forecast of these indicators for the period 2020-2024 was made. Approaches to ensure the adequacy of the development of economic and mathematical models which allow to obtain the forecast values of the required indicators and to determine the main factors influencing them are proposed.

Ключові слова: економіко-математичні методи; економіко-математичне моделювання; модель; розвиток.

Keywords: economic-mathematical methods; economic-mathematical modeling; model; development.

Постановка проблеми. Сьогодні набуло актуальності питання адекватного застосування математичного інструментарію для аналізу й моделювання складних соціально-економічних процесів в Україні в нових економічних умовах. Система національної економіки – це комплекс економічних процесів та підсистем, що розвиваються нелінійно під впливом багатограних управлінських рішень, що приймаються суб'єктами господарювання. Потреба в управлінні постає як необхідність вирішення суперечностей, що виникають між елементами соціально-економічної системи в процесі її розвитку та саморозвитку. Запорукою

успішного управління може стати активне використання математичних методів при вивченні соціально-економічних процесів та подальше прогнозування динаміки зміни макроекономічних показників на їх основі.

Актуальність дослідження. Розширення використання математичних методів при вивченні економічних процесів сприяло розробці системного підходу. Засновник Лозанської школи маржиналізму Л. Вальрас вважав, що всі соціальні явища: релігія, політика, економіка та духовне життя – тісно пов'язані між собою. Це відповідає сучасному розумінню того, що економіка є підсистемою цілісної системи соціально-економічних відносин, внаслідок чого вивчення самої економіки та прогнозування траєкторії її розвитку на майбутнє повинно базуватися на аналізі об'єкта більш загального характеру – соціально-економічної системи.

Успішне застосування математики до економіки стимулювало використання математичного моделювання в інших суспільних науках. Наприклад, розробник статистичних методів дослідження економічних явищ Ф. Еджворт видав книгу "Математична психологія", а соціолог В. Парето розробив основи теорії еліт.

Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить, що питання об'єктивного аналізу соціально-економічних процесів завжди були в центрі уваги вітчизняного наукового співтовариства, і багато з його результатів стали надбанням світової культури. Сюди входить, насамперед, аналіз моделі поведінки споживача Е. Слуцького; відкриття Н. Кондрат'євим довгих хвиль в економіці; розробка першого балансу народного господарства, на основі якого була побудована широко відома нині модель В. Леонт'єва; розробка Л. Канторовичем методів вивчення лінійних систем.

Аналіз економіко-математичних моделей Н. Калдора, Е. Домара та Р. Харрода, неокласичних моделей Р. Солоу, П. Ромера, двухсекторної моделі ендегенного економічного зростання в умовах досконалої конкуренції Удзави-Лукаса, моделі екзогенного економічного зростання з включенням людського капіталу Манке-Ромер-Вайля, методів моделювання з урахуванням людського капіталу модель Ф. Агіона і П. Хауїтта, що вивчає умови рівноваги між робочою силою, товарами кінцевого споживання і проміжними товарами, моделі Гроссмана-Хелпмена з урахуванням економічних факторів різноманітності та якості продукції, вказує на відсутність у них будь-яких методів виявлення та аналізу суперечностей у національній економіці, породжених соціально-економічними та кліматичними особливостями територіальних підсистем, їх ієрархічної та кластерно-мережевої взаємодії. Це суттєво обмежує можливості економічно обґрунтованого управління національною економікою, а отже, і ефективність її функціонування.

Мета статті полягає у визначенні особливостей соціально-економічних процесів, що пов'язані із забезпеченням економічної рівноваги, пояснюють нелінійний характер процесів, визначають необхідність управління на основі на внутрішніх суперечностях і можуть бути надійно вимірюваними.

Основні результати дослідження. Стратегічне планування соціально-економічного розвитку набуває особливої актуальності, оскільки воно є основою збалансованого зростання економіки в цілому. В даний час при плануванні використовуються різні підходи та методи, що ускладнює оцінку та порівняння результатів. Як результат, підготовлені стратегії розвитку мають низьку якість. Відносні відхилення показників соціально-економічного розвитку сягають 47–52% [1].

Інструментами підвищення якості таких стратегій може бути використання математичних методів при вивченні соціально-економічних процесів, зокрема щодо моделювання та прогнозування.

Моделювання широко використовується для аналізу соціально-економічних систем. В. В. Репін зазначає, що "...моделювання - це процес відображення реального (або запланованого) функціонування системи за допомогою спеціальної методології та інструментів". Таким чином, моделювання – це імітація конкретних процесів, явищ чи об'єктів, реалізованих у конкретному середовищі: віртуальних (створених за допомогою комп'ютерних технологій), математичних (представлених із використанням систем рівнянь) тощо, створених дослідником. Переваги моделювання полягають у тому, що прийняття рішень у віртуальному світі не несе жодного ризику і не спричиняє небажаних наслідків, не завдає шкоди системі. За допомогою моделі, крім прогнозування наслідків результатів функціонування системи, можна визначити її граничні потенційні можливості, ступінь реакції на зміни в навколишньому середовищі, провести різні експерименти та вибрати оптимальні методи впливу.

Моделювання соціально-економічних систем – це побудова спрощеного образу соціально-економічної системи для вивчення її властивостей, прогнозування, планування та проведення сценаріїв розрахунків наслідків управлінських рішень. Відповідно, модель соціально-економічної системи – це відтворення взаємопов'язаних елементів соціально-економічного середовища, процесів їх взаємодії та функціонування та реакцій на зміни в середовищі.

У зв'язку з цим виникає необхідність розширити область використання моделей із класу моделювання. Імітаційне моделювання є сучасним інструментом вирішення проблем стратегічного планування регіональних систем. Суть моделювання полягає у розробці комп'ютерної програми та проведенні на ній серії експериментів, що дозволяє визначити оптимальні сценарії роботи цієї системи [2, с. 2033; 3, с. 13]. Імітаційна модель дозволяє вирішувати різні проблеми, такі як "що станеться, якщо ...", пов'язані з аналізом поведінки об'єкта імітації [4, с. 320].

Проте, перш ніж переходити до імітаційного моделювання, варто здійснювати аналіз емпіричної кривої Філіпса (англ. Phillips curve). При цьому використовуються помилки, стійкі до гетероскедастичності, тобто послідовності випадкових величин, які мають різну дисперсію.

Нами буде здійснено аналіз того як в умовах послаблення економічної динаміки в Україні інфляція (на основі Індексу споживчих цін) і рівень безробіття пов'язані, оскільки зазвичай ці макроекономічні показники мають обернену залежність (тобто за умови зростання рівня безробіття знижується купівельна спроможність населення, а інфляційна динаміка сповільнюється) [5]. Відповідно, державою обирається напрям стабілізації – зниження інфляції чи покращення зайнятості). У подальшому спрогнозуємо обидва показники на найближчі п'ять років.

Після внесення вихідних даних до програми GRETЛ, отримуємо графічне зображення даних щодо інфляції (на основі Індексу споживчих цін) та рівня безробіття за аналізований проміжок часу. Варто зазначити, що в Україні задекларовано політику інфляційного таргетування, однак рівень споживчої інфляції залишається високим (рис. 1).

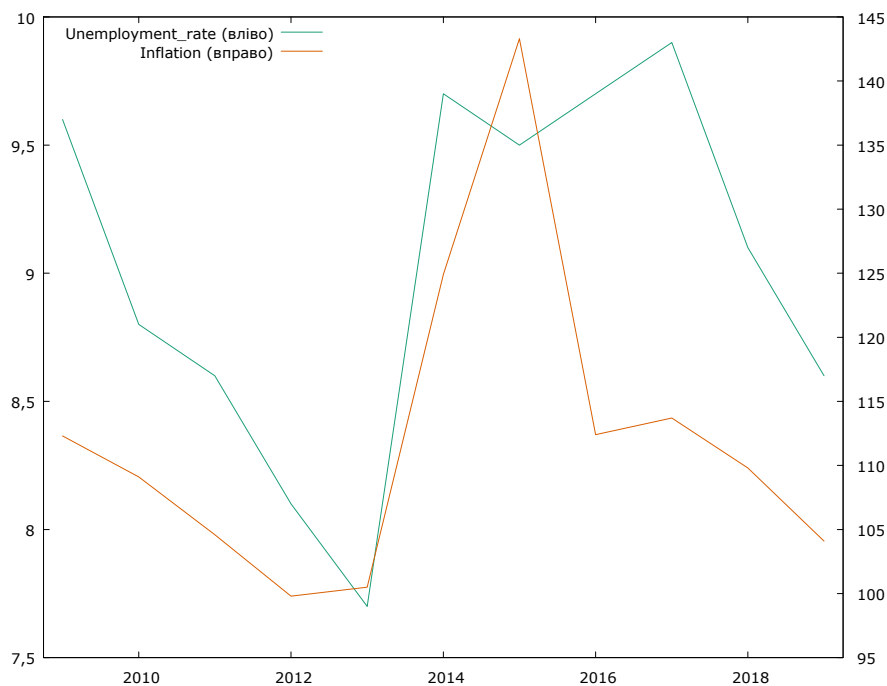


Рис. 1. Індекси інфляції та рівень безробіття в Україні за 2009-2019рр.

Джерело: складено автором на основі [6]

Бачимо, що показники інфляції демонструють помітні коливання у 2014-2015рр. У ці ж періоди спостерігається зростання безробіття. Можемо відзначити закономірність: спади безробіття передують зростанню інфляції. Далі нам потрібно провести тест на одиничний корінь (англ. unit root) для явищ інфляції та безробіття (також відомий як тест Дікі-Фуллера (DF-тест) задля перевірки нульової гіпотези).

Для цього будемо використовувати наступну методику (табл.1): в авторегресійному рівнянні першого порядку AR значення коефіцієнта α будемо вважати таким, що є меншим за 1, оскільки в протилежному випадку це свідчитиме про відсутність інерційності у динаміці досліджуваних показників (які за своєю економічною сутністю не можуть приймати нескінченно великі значення у короткостроковій перспективі). Отже, авторегресійне рівняння у нашому випадку матиме вигляд:

$$\Delta x_t = \alpha + \beta t + (\gamma_1 - 1)x_{t-1} + \sum_{i=1}^p \varepsilon_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, N \quad (1),$$

де x_t – змінна яку моделюють; змінні – $\alpha, \beta, \varepsilon, \varepsilon$ – незалежні залишки з нульовим математичним сподіванням; γ – коефіцієнт похибки; N – об'єм вибірки.

При цьому нульова гіпотеза має вигляд: $H_0: \gamma = 0$. Це означає, що ряд характеризується одтничним коренем, а отже – процес не є стаціонарним. Гіпотезою на противагу буде умова стаціонарного процесу: $H_1: \gamma < 0$.

Таблиця 1.
Етапи моделювання авторегресійного рівняння

Етап моделювання	Результат моделювання (тест з константою)
I	<p>Узагальнений тест Дікі-Фуллера для Inflation визначення шляхом зменшення порядку лагів від 2, критерій AIC розмір вибірки 10 нульова гіпотеза одиничного кореня: $a = 1$</p> <p>тест з константою включаючи 0 лаг(iv) $(1-L)Inflation$ модель: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + e$ оцінка $(a - 1)$: -0,642936 тестова статистика: $\tau_{a_c}(1) = -1,89453$ р-значення 0,3212 коеф. автокореляції 1-го порядку для e: 0,146</p>
II	<p>Узагальнений тест Дікі-Фуллера для Inflation включаючи 3 лаг(iv) $(1-L)Inflation$ розмір вибірки 7 нульова гіпотеза одиничного кореня: $a = 1$</p> <p>тест з константою модель: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$ оцінка $(a - 1)$: -1,68408 тестова статистика: $\tau_{a_c}(1) = -1,65325$ асимптотичне р-значення 0,4552 коеф. автокореляції 1-го порядку для e: -0,391 лаги різниць: $F(3, 2) = 0,473 [0,7324]$</p>
III	<p>Узагальнений тест Дікі-Фуллера для Unemployment_rate визначення шляхом зменшення порядку лагів від 3, критерій AIC розмір вибірки 7 нульова гіпотеза одиничного кореня: $a = 1$</p> <p>тест з константою включаючи 3 лаг(iv) $(1-L)Unemployment_rate$ модель: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$ оцінка $(a - 1)$: -1,60719 тестова статистика: $\tau_{a_c}(1) = -2,30995$ асимптотичне р-значення 0,1688 коеф. автокореляції 1-го порядку для e: -0,537 лаги різниць: $F(3, 2) = 0,964 [0,5455]$</p>

Джерело: розрахунки автора

Звертаємо увагу на той факт, що на етапі I р-значення складає 0,3212 (нульову гіпотезу ми перевіряємо на рівні 5%) – відповідно, приймаємо нульову гіпотезу про нестационарність ряду і порядок інтегрування, включаючи три лаги. Інтегруємо ряд та проводимо тест повторно.

На етапі II ряд є стаціонарним, тому приймаємо альтернативну гіпотезу про стаціонарність ряду, оскільки р-значення складає 0,4552 (нульову гіпотезу ми перевіряємо на рівні 5%).

Аналогічно перевіряємо показник рівня безробіття. Оскільки на етапі III асимптотичне р-значення складає 0,1688, що більше за 0,05, то приймаємо альтернативну гіпотезу про стаціонарність ряду.

Використовуючи у подальшому стаціонарні ряди, з'ясуємо за рахунок векторної авторегресії, яким буде проноз рівня безробіття та інфляції за період 2020-2024 роки (рис. 2).

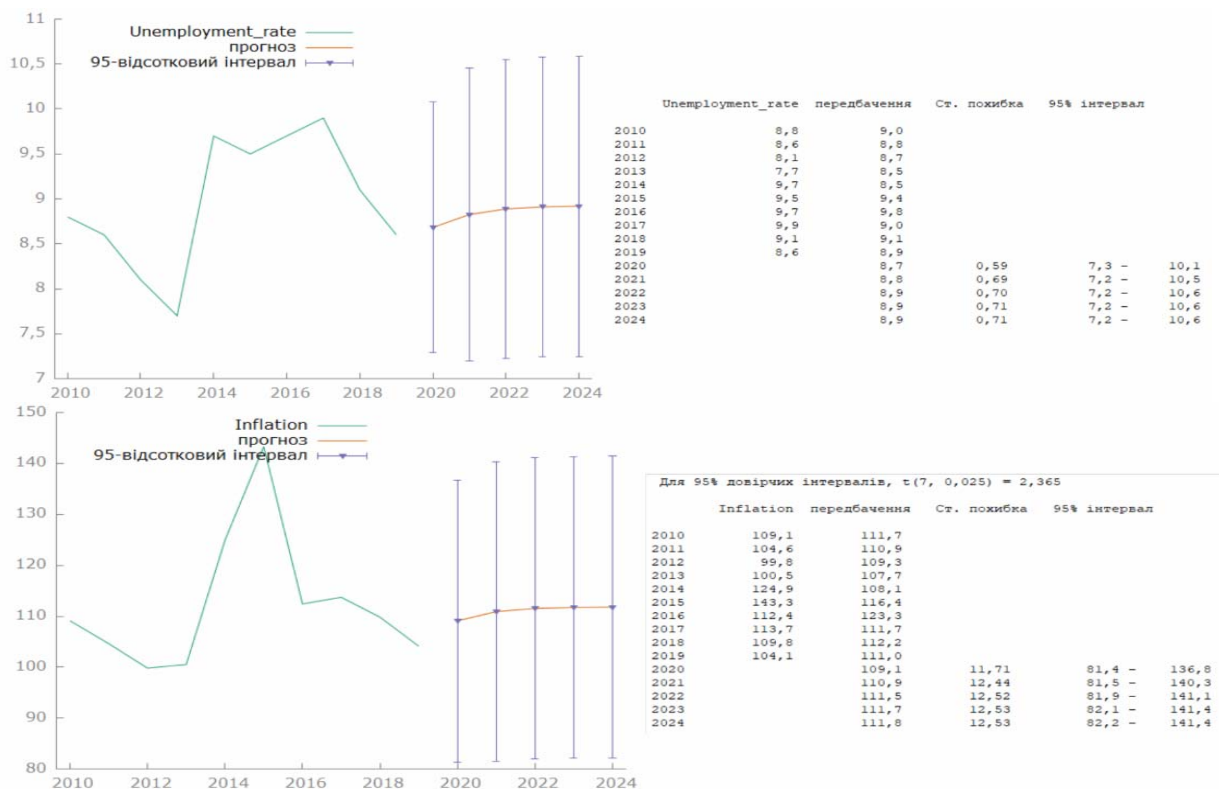


Рис. 2. Прогнозування показників інфляції та безробіття в Україні на 2020-2024 роки

Джерело: розрахунки автора

Як бачимо, статистичні похибки показників інфляції та рівня безробіття менше своїх стандартних помилок, що підвищує достовірність прогнозу. Водночас поліноміальна лінія тренда показників на 2020-2024 роки характеризується низьким рівнем апроксимації через значні коливання у ретроспективі. Отже, нами було доведено наявності взаємозв'язку між інфляцією та рівнем безробіття, що збережеться і протягом наступних років.

Висновки і пропозиції. Однією з основних умов забезпечення стабільного функціонування макросередовища залишається формування механізму ефективного управління інфляційними процесами та регулювання чисельності зайнятих на основі прогнозування шляхом використання математичних методів при їх вивченні. Запропонований підхід прогнозування показників інфляції та безробіття шляхом моделювання авторегресійного рівняння, використовуючи тест Дікі-Фуллера, дозволяє отримати прогнозні значення необхідних показників та визначити основні чинники впливу на них за умови розширення кількості спостережень та прогнозних змінних.

Список використаних джерел.

1. Ушаков, А. К. Разработка прогнозов социально-экономического развития регионов с использованием комплексной имитационной модели / А. К. Ушаков, Л. А. Рязанова, Д. Л. Андрианов // Рос.экон. журн. — 2000. — № 2. — С. 72—78.
2. The future of the simulation industry / J. Banks, J. C. Hagan, P. Lendermann [et al.] // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. — 2003. — P. 2033—2043.
3. Robinson, S. Simulation: The practice of model development and use / S. Robinson. — John Wiley & Sons, 2004. — 336 p.
4. Shannon, R. E. Introduction to the art and science of simulation / R. E. Shannon // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. — 1998. — P. 7—14.
5. Яковенко Я.Ю. Причини безробіття молоді в Україні / Н.М. Яценко, Я. Ю. Яковенко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. — 2013.— № 1 (78), с. 143-147.
6. Статистичний збірник «Україна у цифрах». — К. : Державна служба статистики України, 2020. — 46 с.

References.

1. Ushakov, A. K. (2000), "Development of forecasts of socio-economic development of regions using an integrated simulation model", *Rossiyskiy ekonomicheskij zhurnal*, vol. 2, pp. 72-78.
2. Banks, J. Hagan, J. C. and Lendermann, P. (2003), "The future of the simulation industry", *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, pp. 2033-2043.

3. Robinson, S. (2004), "*Simulation: The practice of model development and use*", John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, United States.
4. Shannon, R. E. (1998), "Introduction to the art and science of simulation" *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, Washington D.C., USA, pp. 7–14.
5. Yakovenko, Y.Y. and Yatsenko, N. M. (2013) "Prychyny bezrobittya molodi v Ukraini", *Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrohrads'koho*, vol. 1 (78), pp.143-147.
6. State Statistics Service of Ukraine (2020), "Statystychnyj zbirnyk. Ukraina u tsyfrakh" [Statistical collection. Ukraine in numbers], Derzhkomstat, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 30.11.2020 р.