

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 369.04:519.863

DOI: <https://doi.org/10.32847/business-navigator.64-18>**Юрченко М.Є.**кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту
*Національний університет «Чернігівська політехніка»***Клименко Т.В.**кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту
*Національний університет «Чернігівська політехніка»***Лисенко О.В.**здобувач вищої освіти
*Національний університет «Чернігівська політехніка»***Iurchenko Maryna**Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
*Chernihiv Polytechnic National University***Klymenko Tetiana**Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
*Chernihiv Polytechnic National University***Lysenko Olha**Student
Chernihiv Polytechnic National University

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОРЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ БЕЗРОБІТТЯ В УКРАЇНІ

Юрченко М.Є., Клименко Т.В., Лисенко О.В. Застосування авторегресійних моделей для прогнозування рівня безробіття в Україні. Побудова адекватного прогнозу рівня безробіття з урахуванням випадкової природи явища забезпечує вибір стратегії управління у сфері зайнятості, враховуючи при цьому особливості економічної ситуації та пріоритети соціального розвитку. Це дає змогу оцінити поточний стан явища, його тенденції та зміни, а також приймати обґрунтовані управлінські рішення у сфері працевлаштування. Загалом на рівні держави з урахуванням прогнозних значень потрібно розробляти нові заходи стратегічного характеру не тільки для того, щоб боротися з безробіттям, а й щоб не допускати його. У роботі запропоновано метод прогнозування, який базується на даних одного часового ряду. Розглянуто особливості використання для прогнозування трендових авторегресійних моделей та оцінка їх якості за допомогою MAPE, Mean Absolute Percentage Error та коефіцієнта невідповідності Тейла U .

Ключові слова: часові ряди, авторегресія, тренд, прогноз, моделювання, безробіття.

Юрченко М.Є., Клименко Т.В., Лисенко О.В. Применение авторегрессионных моделей для прогнозирования уровня безработицы в Украине. Построение адекватного прогноза уровня безработицы с учетом случайной природы рассматриваемого явления определяет выбор стратегии управления в сфере занятости. При этом всегда учитываются особенности экономической ситуации, приоритеты социального развития страны. Это дает возможность оценить основные происходящие изменения явления и в дальнейшем позволяет принимать оптимальные управленческие решения в сфере занятости. На государственном уровне с учетом прогнозных значений разрабатываются мероприятия стратегического характера, позволяющие не только бороться с безработицей, но и предупреждать указанное явление. В работе предложен метод прогнозирования, который основан на данных одного часового ряда. Рассмотрены особенности использования для прогнозирования трендовых авторегрессионных моделей, дана оценка их качества на основе метода MAPE, Mean Absolute Percentage Error и коэффициента несоответствия Тейла U .

Ключевые слова: часовые ряды, авторегрессия, тренд, прогноз, моделирование, безработица.

Iurchenko Maryna, Klymenko Tetiana, Lysenko Olha. Application of autoregressive models to predict the unemployment rate in Ukraine. For any country one of the most important social and economic problems is an unemployment. In today's conditions this problem is one of the main economic problems in Ukraine and poses a real threat to the state and social well-being. The main problem of unemployment is caused by the fact that the unemployed face the loss of qualification, social status and the lowering of the standard of living. Due to the decline in income of the population, through the loss of work, the demand for goods and services on the domestic market is decreasing, tax revenues to the state budget are decreasing, social pressure and criminality are growing. The level of unemployment is an indicator of social processes of the state, a characteristic of stability and confidence in the future of the country. The creation of an adequate predict of the level of unemployment taking into account the accidental nature of the problem provides the choice of management strategy in the employment sphere, taking into account the peculiarities of the economic situation, priorities of social development, makes it possible to assess its current state, trends and changes, as well as to take appropriate management decisions in the employment sphere. To combat this economic phenomenon, state support for business, such as subsidies for retaining employees at their workplaces, can be implemented. In general, at the level of the state it is necessary to develop new measures of a strategic nature in order not to fight against unemployment, but to prevent it. The work examines the main statistical methods of predict, which are based on the data of one time series. The peculiarities of using trend models for predicts are examined. It is noted that in the current conditions of computer software usage, the choice of trend formations for predicting is essentially simplified: different trend forms can be produced for the same time series and the one which best describes the output series by mathematical criteria can be selected. This work is devoted to the study of the problem of predict the level of unemployment in Ukraine. It is suggested to make predicts on the basis of autoregressive models of time series. In the work the models of autoregression, autoregression with a coveted average and autoregression with a trend are examined in detail. As a result, the information and analytical system for modeling and forecasting of financial processes was created. The method of prediction on the basis of auto-regressive time series model that we reviewed consists in creating a model for predicting the future events (predicting the level of unemployment) running on the known events of the past, and predicting the future data before they will be measured. The found average absolute volumetric forecast error (MAPE) and Tale coefficient allowed us to conclude that the proposed model is appropriate for making short-term forecasts of unemployment.

Key words: time series, autoregression, trend, forecast, modeling, unemployment.

Постановка проблеми. Для будь-якої країни однією з найважливіших соціально-економічних проблем є безробіття.

Падіння економіки внаслідок світової коронавірусної кризи лише поглибило зазначену проблему у світі. За даними ООН, криза спричинила скорочення робочого часу на 8,8%, що, наприклад, у чотири рази більше, ніж після фінансової кризи 2008 р. В ООН також наголошують, що даних лише про кількість утрачених робочих місць недостатньо, щоб оцінити масштаби заподіяної шкоди.

В умовах сьогодення проблема безробіття є однією з найгостріших, з якою стикається населення України й яка несе реальну загрозу державному та суспільному благополуччю. Проблема прогнозування та аналізу рівня безробіття залишається у центрі уваги наукової громадськості, а серед методів дослідження важливе місце посідає статистичний аналіз тенденцій розвитку зайнятості населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням регулювання зайнятості населення та безробіття, його аналізу, моделюванню та прогнозуванню присвячено роботи таких вітчизняних учених, як О. Полуякова, С. Тютюнникова, О. Нартюк [1–3]. Практичні аспекти застосування статистичних методів та моделей статистичного аналізу зазначеної проблеми знайшли своє відображення у роботах Дж. Бокса, А. Головача, Г. Дженкінса, І. Єлісєєвої, І. Манцурова, М. Пугачової, О. Черняка, А. Шустікова та ін.

Незважаючи на значну кількість публікацій із цієї проблематики, більшість авторів майже не застосовувала у своїх дослідженнях динамічні методи прогнозу-

вання, які дають змогу врахувати стохастичні фактори під час побудови математичної моделі.

У сучасних умовах невизначеностей інформації найбільш актуальною справою стає короткострокове прогнозування, основною рисою якого є останні дані досліджуваного процесу, а не тенденція, що складається за весь період, який передувє прогнозуванню. Одним із перспективних методів побудови стохастичної моделі прогнозування соціально-економічних явищ є методи АР, тому й надалі залишається відкритим питання подальшого наукового пошуку щодо адекватності та якості зазначених моделей.

Формулювання завдання дослідження. Мета дослідження полягає у побудові стохастичної прогнозної моделі на даних одного часового ряду. Ця модель дає змогу визначити тенденції рівня безробіття на короткостроковий період. Для перевірки цих припущень та розрахунку параметрів, що входять до відповідних функціональних залежностей, використовуються статистичні дані.

Виклад основного матеріалу дослідження. Характерною особливістю авторегресійних моделей $AR(\delta)$ стаціонарних часових рядів є те, що їхні імовірнісні властивості не змінюються за зсуву часу, тому зазначені моделі широко використовуються для прогнозування. Серед основних особливостей даного класу моделей слід передусім виділити той факт, що вибір моделі ґрунтується на аналізі основної тенденції, яка спостерігалася в попередній період часу. Таким чином, якщо протягом аналізованого періоду значення досліджуваного показника змінювалося з приблизно однаковою середньою абсолютною швидкістю, фор-

мується гіпотеза про те, що оптимальною формою моделі тренда є пряма лінія, в іншому разі така гіпотеза відхиляється і висувається інша.

Якщо АР-модель має перший ($\delta = 1$) або другий порядок ($\delta = 2$), то вона набуває такого вигляду:

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= a_1 \cdot x_n + \varepsilon_n \\ x_{n+1} &= a_1 \cdot x_n + a_2 \cdot x_{n-1} + \varepsilon_n \end{aligned} \quad (1)$$

Тому ідентифікація АР(δ) моделі полягає у визначенні її порядку δ та включає вибір способу трансформації вихідного часового ряду спостережень у стаціонарний або близький до нього ряд. Один із найбільш поширених способів вирішення цієї проблеми – послідовне взяття різниць, тобто перехід від вихідного ряду до ряду перших, а потім і других різниць.

Як вихідні прогнозні дані розглянемо динаміку кількості безробітних та рівень безробіття в Україні за 2013–2020 рр. (табл. 1).

За даними табл. 1 можемо спостерігати стійку тенденцію: після I та II кварталів 2013 р. рівень безробіття знижувався, а впродовж 2014–2017 рр. повільно, але зростав у I кварталі. Цікавий такий факт: за даними Державної служби статистики України, щороку із січня до вересня кількість безробітних стабільно зменшується. Циклічна компонента не прослідковується.

Таблиця 1

Динаміка рівня безробіття в Україні, 2013–2020 рр., % на кінець кварталу (без урахування окупованих територій Криму, Севастополя, частини Донбасу)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
I кв.	8,6	9,4	10,0	10,3	10,5	10,0	9,6	8,9
II кв.	8,0	9,0	9,6	9,8	10,0	9,3	8,8	9,6
III кв.	7,6	9,3	9,4	9,6	9,7	9,0	8,4	9,7
IV кв.	7,7	9,7	9,5	9,7	9,9	9,1	8,6	9,9

Джерело: складено за [5]

Попередня перевірка заданого ряду на стаціонарність методом візуального аналізу вибіркової автокореляції та часткової автокореляційної функції показала, що зазначені характеристики спадають повільно після перших значень, тому спостерігається певна нестационарність часового ряду. Тому для отримання стаціонар-

ної поведінки вихідний ряд замінюється рядом різниць із подальшим використанням тесту Дікі-Фуллера [4]. Число повторень взяття різниць, необхідних для отримання стаціонарної поведінки даних (параметр δ), в нашому випадку дорівнює 1.

Для побудови прогнозного значення безробіття будемо використовувати авторегресійну модель часового ряду, при цьому поточна величина ряду x_{n+1} залежить від одного попереднього значення x_n , тому модель є авторегресійною моделлю першого порядку АР(1) і надається у вигляді:

$$x_{n+1} = a + b \cdot x_n + \varepsilon_n, \quad (2)$$

де n – ретроспективні значення ряду (порядок моделі), a , b – коефіцієнти (параметри) моделі, ε_n – стохастичний складник, який відображає ймовірнісний стан моделі.

Таким чином, згідно з розрахунками за допомогою середовища MS Excel, для автоматизації розрахунків та аналізу і прогнозування часового ряду нами отримана лінійна авторегресійна модель вигляду:

$$x_{n+1} = 0,6225 \cdot x_n + 3,5894 \quad (3)$$

з відповідним коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,3861$.

Для оцінки якості рівняння регресії в цілому за допомогою F -критерію Фишера розраховуємо фактичне значення F -критерію, маємо:

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2}{1-R^2} (n-2) = \frac{0,3861}{1-0,3861} (31-2) = 18,238. \quad (4)$$

Співставляючи фактичне значення F -критерію Фишера з табличним значенням $F_{\text{табл}}(\alpha; k_1; k_2)$ за рівня значимості $\alpha = 0,05$ й ступені свободи $k_1 = m$ та $k_2 = n - m - 1 = 31 - 2 = 29$, маємо ($F_{\text{табл.}} = 4,18$):

$$F_{\text{факт}} > F_{\text{табл.}} \quad (5)$$

Таким чином, визнається статистична значущість рівняння регресії у цілому.

Використовуючи отриману авторегресійну модель, зробимо прогноз рівня безробіття на I–III квартали 2021 р.

По I кварталі 2021 р.:

$$y = 0,6225 \cdot 9,9 + 3,5894 = 9,75 \approx 9,8. \quad (6)$$

По II кварталі 2021 р.:

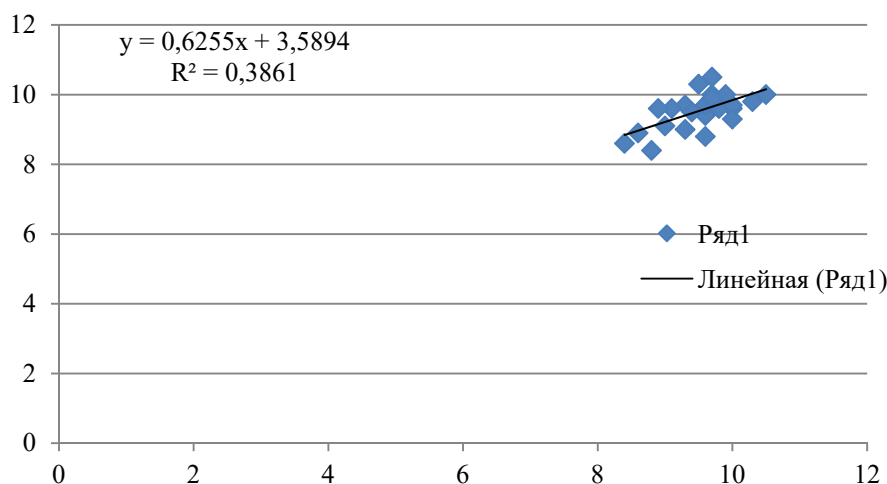


Рис. 1. Лінія тренду на основі авторегресійної моделі

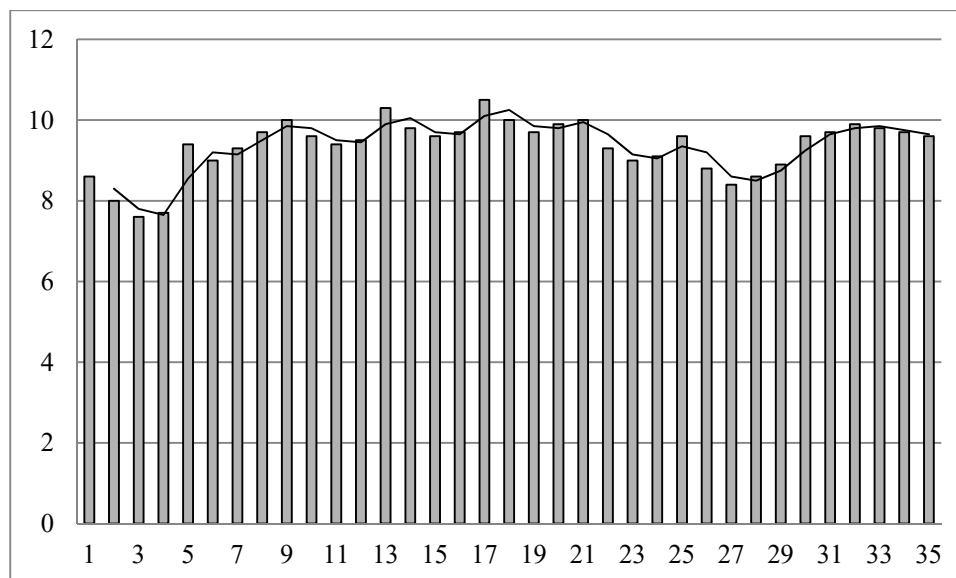


Рис. 2. Динаміка рівня безробіття в Україні, 2013–2021 рр.
(% на кінець III кварталу 2021 р.)

$$y = 0,6225 \cdot 9,75 + 3,5894 = 9,66 \approx 9,7. \quad (7)$$

По III кварталі 2021 р.:

$$y = 0,6225 \cdot 9,66 + 3,5894 = 9,60 \approx 9,6. \quad (8)$$

Для оцінки точності прогнозу використовуються стандартні критерії, до яких відноситься середня абсолютна відсоткова помилка (MAPE, Mean Absolute Percentage Error) – індикатор, який характеризує величину помилок прогнозу порівняно із дійсним значенням часового ряду. Його значення будемо розраховувати за формулою:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_n - y_{x_n}|}{x_n}. \quad (9)$$

З урахуванням вихідних даних значення цього критерію дорівнює 0,026 (2,6%, що свідчить про те, що побудована нами модель є якісною), тому показник точності прогнозу, який розраховується як 1-MAPE, дорівнює 97,74%. Слід відзначити, що даний підхід дає гарні результати, якщо на періоді прогнозу не виникають принципово нові випадкові фактори, що на практиці спостерігається досить рідко.

Для оцінки якості прогнозу застосовуємо більш універсальний безрозмірний показник, аналогічний до коефіцієнта кореляції, – коефіцієнт невідповідності Тейла U , чисельником якого є середньоквадратична похибка прогнозу, а знаменник дорівнює квадратному кореню із середнього квадрата фактичних та оцінних значень:

$$U = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_n - y_{x_n})^2 / n}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_n^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{x_n}^2}} = 0,0187. \quad (10)$$

Близькість до нуля коефіцієнта Тейла в умовах нашої задачі свідчить про високу точність прогнозу.

Зазначимо, що використання авторегресійних моделей для прогнозування має суттєві обмеження: по-перше, у таких моделях прогнозування за фактичними даними можливе лише на короткостроковий термін унаслідок того, що для розроблення прогнозу на більш віддалену перспективу як фактор використовується вже не реальний показник, а прогнозований, що суттєво знижує точність прогнозів; по-друге, цей метод не дає змоги зробити оцінку коефіцієнтів регресії; по-третє, методика авторегресійного моделювання обмежує вихідний ряд динаміки.

Висновки. Розглянутий нами метод прогнозування на базі авторегресійної моделі часових рядів полягає у побудові моделі для передбачення майбутніх подій (прогнозування рівня безробіття), ґрунтуючись на відомих подіях минулого, та передбачення майбутніх даних до того, як вони будуть виміряні. Знайдена середня абсолютна відсоткова помилка прогнозування (MAPE) та коефіцієнт Тейла дали змогу зробити висновок, що запропонована модель є придатною для здійснення прогнозу безробіття на короткий термін.

Список використаних джерел:

1. Полуяктова О.В. Проблеми безробіття в Україні. *Економіка і суспільство*. 2016. № 2. С. 31–35.
2. Тютюнникова С.В., Романіка Т.К. Безробіття в умовах глобалізації. *Соціальна економіка*. 2016. № 2. С. 61–68.
3. Нартюк О.В. Сучасні чинники впливу на зайнятість економічно активного населення в трудонадлишкових регіонах України. *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка»*. 2016. № 1. С. 239–245.
4. Palm F. On univariate time series methods and simultaneous equation econometric models. *Journal of Econometrics*. 2007. № 5. Р. 379–388.
5. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 12.05.2021).

References:

1. Poluyaktova O. (2016) Problemi bezrobittya v Ukraine [Problems of Unemployment in Ukraine]. *Ekonomika i suspilstvo* [International scientific journal Economics and society], vol. 2, pp. 31–35. (in Ukrainian)
2. Tutunikova S., Romanika T. (2016) Bezrobittya v umovah globalizatsii [Unemployment in the context of globalization]. *Sotsialna ekonomika* [International scientific journal Social economy], vol. 2, pp. 61–68. (in Ukrainian)
3. Nartyuk O. (2016) Susasni tsinniki vplivu na zainatist ekonomitsno aktivnogo naselennia v tridonadliskovih regionah Ukraini. [Current factors of impact on employment of the economically active population in the labour surplus regions of Ukraine]. *Naukovyi visnik Mukhatsevs'kogo derzavnogo universitetu* [International scientific journal Scientific Bulletin of Mukachevo State University], vol. 1, pp. 239–245. (in Ukrainian)
4. Palm F. (2007) On univariate time series methods and simultaneous equation econometric models [Journal of Econometrics], vol. 5, pp. 379–388. (in English)
5. Derzavna sluzba statistici Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine: website]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed 12 May 2021). (in Ukrainian)