

Ярова Оксана Анатоліївна кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики, факультет фінансів та цифрових технологій, Державний податковий університет, м. Ірпінь, <https://orcid.org/0000-0002-0522-8368>

Скасків Лілія Василівна кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики, Державний податковий університет, м. Ірпінь, <https://orcid.org/0000-0001-9090-6700>

Лосева Наталія доктор педагогічних наук, заслужений професор, кафедра лінгвістичної, наукової та математичної освіти, секція: математична освіта (дидактика математики), факультет освіти, Університет Барселони, Gran Via de les Corts Catalanes, 585, Ешампле, 08007 Барселона, Іспанія

ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНОГО КУРСУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Анотація

У статті досліджено теоретичні та практичні аспекти прогнозування валютного курсу як стратегічного інструменту забезпечення економічної стабільності держави. Проаналізовано ключові чинники впливу на курсову динаміку, серед яких виділено інфляційні процеси, монетарну політику центральних банків, стан платіжного балансу та політичну стабільність. Ми акцентуємо увагу на тому, що ці чинники формують нелінійні залежності, де найменша зміна одного показника провокує «ефект доміно», роблячи класичні лінійні методи малоефективними.

В умовах глобалізації та вільного руху капіталу здатність точно передбачати курсові коливання стає стратегічним пріоритетом для національних регуляторів, інвесторів та суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності.

Особливу увагу приділено порівняльному аналізу методологічних підходів. Фундаментальний аналіз розглядається як база для визначення довгострокової рівноваги на основі паритету купівельної спроможності. Натомість технічний аналіз фокусується на дослідженні історичних циклів, ринкових патернів та психології учасників торгів для виявлення трендів у короткостроковому періоді. Такий дуалізм дозволяє охопити ринок у повному обсязі.

Центральне місце в дослідженні посідає аналіз сучасних математичних моделей. Розглянуто ефективність використання моделей часових рядів, зокрема моделі ARIMA для короткострокового прогнозування, а також застосування регресійних та стохастичних моделей для оцінки внеску окремих факторів в умовах високої ринкової волатильності.

Окремим вектором дослідження є впровадження методів штучного інтелекту. Вивчено можливості рекурентних нейронних мереж, зокрема архітектури LSTM (Long Short-Term Memory), яка здатна зберігати контекст тривалих часових лагів. Також проаналізовано алгоритми машинного навчання, як-от випадковий ліс (Random Forest) та градієнтний бустинг (XGBoost), що ефективно виявляють нелінійні залежності у великих масивах даних (Big Data), де традиційна економетрика виявляється безсилою.

Резюмовано, що попри високу невизначеність фінансових ринків, інтегрований підхід, який поєднує математичну точність із фундаментальним аналізом, відкриває нові перспективи для побудови адаптивних сценаріїв економічного розвитку.

Ключові слова: валютний курс, прогнозування, математичні моделі, ARIMA, економетричний аналіз, фундаментальні чинники, інфляція, штучний інтелект, нейронні мережі, LSTM, машинне навчання, фінансова стабільність.

Yarova Oksana Anatolyivna PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Higher and Applied Mathematics, Faculty of Finance and Digital Technology, State Tax University, Irpin, <https://orcid.org/0000-0002-0522-8368>

Skaskiv Liliia Vasylivna PhD in Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Associate Professor of Department of Higher and Applied Mathematics, State Tax University, Irpin, <https://orcid.org/0000-0001-9090-6700>

Losyeva Nataliya Doctor of Pedagogical Sciences, Distinguished Professor, Department of Linguistic, Scientific and Mathematical Education, Section: Mathematics Education (Didactics of Mathematics), Faculty of Education, University of Barcelona, Gran Via de les Corts Catalanes, 585, Eixample, 08007 Barcelona, Spain.

FORECASTING EXCHANGE RATE USING MATHEMATICAL MODELS

Abstract

The article examines the theoretical and practical aspects of forecasting the exchange rate as a strategic tool for ensuring the economic stability of the state. The

author analyzes the key factors influencing the exchange rate dynamics, including inflationary processes, the monetary policy of central banks, the balance of payments situation and political stability.

We emphasize that these factors create nonlinear relationships, where even the slightest change in one indicator can trigger a “domino effect,” making traditional linear methods largely ineffective.

In the context of globalization and free movement of capital, the ability to accurately predict exchange rate fluctuations is becoming a strategic priority for national regulators, investors and entities engaged in foreign economic activity.

Particular attention is paid to the comparative analysis of methodological approaches. Fundamental analysis is considered as a basis for determining long-term equilibrium based on purchasing power parity. In contrast, technical analysis focuses on the study of historical cycles, market patterns and the psychology of trading participants to identify trends in the short term. Such dualism makes it possible to capture the market in its entirety.

The study focuses on the analysis of modern mathematical models. The effectiveness of using time series models, in particular ARIMA models for short-term forecasting, as well as the use of regression and stochastic models to assess the contribution of individual factors in conditions of high market volatility, is considered.

A separate vector of research is the implementation of artificial intelligence methods. The possibilities of recurrent neural networks have been studied, in particular the LSTM (Long Short-Term Memory) architecture, which is capable of preserving the context of long time lags. Machine learning algorithms, such as Random Forest and Gradient Boosting (XGBoost), which effectively detect nonlinear dependencies in large data sets (Big Data), where traditional econometrics are powerless, have also been analyzed.

It is summarized that despite the high uncertainty of financial markets, an integrated approach that combines mathematical accuracy with fundamental analysis opens up new prospects for building adaptive scenarios of economic development.

Keywords: exchange rate, forecasting, mathematical models, ARIMA, econometric analysis, fundamental factors, inflation, artificial intelligence, neural networks, LSTM, machine learning, financial stability.

Актуальність дослідження

Сьогодні світ стає дедалі складнішим: стрімкий розвиток технологій, величезні масиви даних та цифровізація всіх сфер життя вимагають нових підходів до їхнього аналізу. Традиційних емпіричних спостережень уже недостатньо для розуміння динамічних процесів у науці та суспільстві. Математичний метод пізнання стає тим універсальним інструментом, який дозволяє перетворити інформаційний хаос на чіткі, логічні моделі.

Особливої гостроти це питання набуває в контексті розвитку штучного інтелекту та великих даних (Big Data), що потребує переосмислення методики підготовки фахівців, здатних ефективно працювати з складними аналітичними системами, інтерпретувати результати моделювання та застосовувати сучасні цифрові інструменти для прийняття обґрунтованих рішень.

Розуміння суті математичного моделювання, його можливостей та обмежень є фундаментом для формування сучасного аналітичного мислення.

Мета дослідження

Мета роботи полягає у комплексному теоретичному узагальненні математичного методу як способу пізнання світу. Дослідження спрямоване на те, щоб висвітлити роль математизації знань у сучасну цифрову епоху та визначити, як цей метод допомагає вдосконалювати науковий прогрес і освітній процес у XXI столітті.

Завдання дослідження

Завдання дослідження - розкрити зміст та внутрішню структуру математичного методу пізнання, описати ключові етапи впровадження цього методу - від постановки задачі до практичної перевірки результатів, проаналізувати вплив цифровізації та штучного інтелекту на сучасні способи математизації знань, визначити межі та обмеження математичного моделювання, зумовлені спрощенням реальних процесів, сформулювати вимоги до підготовки спеціалістів, здатних ефективно використовувати цифрові математичні інструменти.

Об'єкт дослідження

Об'єктом вивчення є процес наукового пізнання та трансформація освітнього середовища під впливом математизації знань в умовах сучасної цифрової трансформації суспільства.

Предмет дослідження

Предметом роботи є теоретичні засади, методологічні принципи, функції та практичні аспекти застосування математичного методу пізнання і моделювання в науковій діяльності та системі освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження

Прогнозування валютних курсів сьогодні - це не просто статистична вправа, а одна з найбільш значущих сторінок сучасної економічної науки [1; 4]. Оскільки вартість грошей прямо вплітається у життєво важливі процеси держави, від неї залежить майже все: від умов, у яких працюють експортери, до темпів інфляції та загальної стійкості всієї фінансової архітектури [10]. У нашу епоху глобалізації ринки нагадують бурхливий океан, де динаміка змін стає дедалі інтенсивнішою, а класичні коливання - менш передбачуваними, що ілюструє схема 1 [5].



Схема 1. Основні фактори формування валютного курсу

Саме тому пошук точних прогнозів є настільки актуальним: вони стають фундаментом для виважених рішень як у владних кабінетах, так і всередині бізнес-спільноти, допомагаючи приборкати ризики та внести ясність у фінансове планування [3].

Сам процес формування курсу нагадує складне рівняння з багатьма невідомими, де переплітаються економіка, політика та соціальні настрої. Одним із головних “гравців” тут є інфляція: коли її показники зростають, національна валюта зазвичай втрачає свою силу разом із купівельною спроможністю [2]. Це узгоджується з концепцією паритету купівельної спроможності, яка широко розглядається в міжнародній економіці [10].

Наприклад, інфляція діє за принципом паритету купівельної спроможності: якщо в Україні ціни зростають швидше, ніж у США, гривня неминуче втрачає свою силу.

Важко переоцінити і роль центрального банку, чії маніпуляції з обліковою ставкою стають потужним сигналом для інвесторів [3; 5]. Підвищення ставки діє як магніт для капіталу, зміцнюючи валюту, тоді як її зниження часто веде до ослаблення позицій на світовій арені. Не менш важливим є і стан платіжного балансу: надлишок іноземної валюти підтримує національні гроші, тоді як дефіцит створює неминучий тиск і веде до девальвації [10]. Коли ми дивимося на зовнішню торгівлю, то бачимо просту істину: успішний експорт живить попит на валюту, зміцнюючи її, тоді як домінування імпорту виснажує її потенціал. Увесь цей маховик доповнюється рівнем політичної стабільності та інвестиційним кліматом, які формують у свідомості гравців ринку загальну картину майбутніх перспектив.

Щоб розібратися в цьому хаосі, дослідники виробили кілька ключових стратегій. Фундаментальний підхід намагається зазирнути в саму суть речей, аналізуючи ВВП та процентні ставки для пошуку довгострокової рівноваги, хоча він часто залишається сліпим до миттєвих ринкових штормів [1; 10]. Технічний підхід, навпаки, шукає відповіді в минулому, вивчаючи графіки та циклічні патерни, вірячи, що історія ринку здатна повторюватися [11]. Особливе місце посідає економетрика, яка за допомогою математичної статистики кількісно вимірює зв'язки між курсом та економічними реаліями [7; 8].

Сучасний етап розвитку фінансової науки характеризується активним використанням складних математичних моделей, що відображено на схемі 2 [6].



Схема 2. Математичне моделювання курсу

Сьогодні аналітики все частіше розглядають курс як послідовність значень у часі, використовуючи моделі типу ARIMA для виявлення прихованих трендів та сезонних коливань [6]. Ця модель є стандартом для короткострокових прогнозів. Її загальна логіка описується формулою:

$$\hat{y}_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \dots - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Де y_t - це значення курсу, а e_t - випадкова помилка. Вона дозволяє врахувати попередню динаміку та випадкові відхилення.

Регресійні та стохастичні моделі допомагають оцінити вплив окремих факторів навіть у моменти високої волатильності, коли ринок стає раптовим і непередбачуваним [7; 8]. Наприклад, функція курсу (Y) може виглядати так:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \epsilon$$

Де X_1 - рівень інфляції, а X_2 - облікова ставка. Це дає змогу оцінити "внесок" кожного чинника у зміну вартості валюти.

Проте справжній кордон сучасності - це штучний інтелект [9; 11]. Алгоритми машинного навчання, такі як "випадковий ліс" або нейронні мережі LSTM, здатні бачити складні нелінійні зв'язки там, де класичні методи безсилі [11]. Моделі LSTM (Long Short-Term Memory) спеціально створені для роботи з часовими рядами, що ілюструє схема 3 [9].



Схема 3. Сучасні підходи (ШІ)

Нейронна мережа LSTM (Long Short-Term Memory) є специфічною модифікацією рекурентних архітектур (RNN), концепцію якої вперше представили Хохрайтер та Шмідхубер ще наприкінці 70-х. Попри те, що цей інструментарій став активно впроваджуватися у прогностну аналітику нещодавно, технології глибокого навчання стрімко поширюються у науковому середовищі. Зокрема, у праці Краусса (2017) порівнюються результати deep learning, градієнтного бустингу та випадкових лісів при дослідженні динаміки індексу S&P 500 [12].

За своєю суттю LSTM - це особливий підвид RNN, адаптований для ефективного опрацювання та збереження тривалих часових послідовностей. Фіксація попередніх патернів у даних реалізується через механізм керуючих

фільтрів (шлюзів) та спеціалізовану лінію пам'яті. Конструктивні особливості такої архітектури детально відображені на схемі 4 [12].

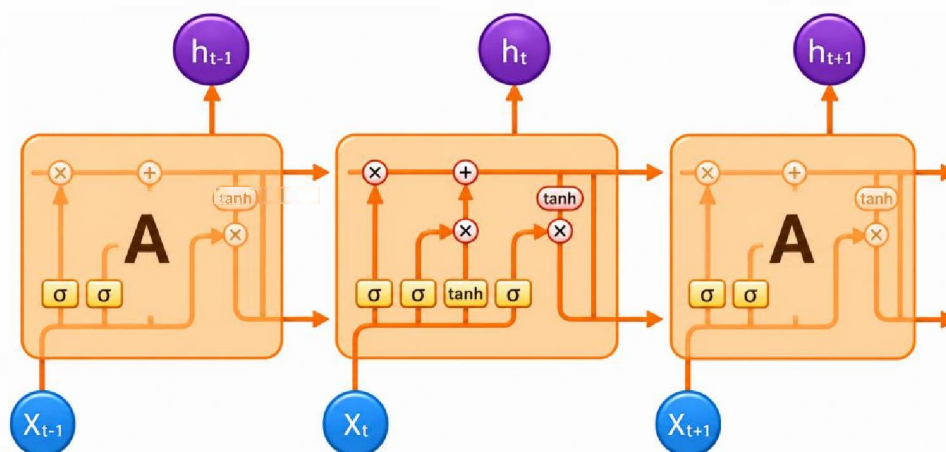


Схема 4. Внутрішня структура LSTM

На відміну від класичних методів, вони здатні “пам’ятати” довгострокові залежності в даних, що критично важливо для валютного ринку. Використання “випадкового лісу” або градієнтного бустингу дозволяє обробляти гігантські масиви даних і виявляти нелінійні зв’язки, які не помітить людина.

Висновки

Незважаючи на весь цей математичний арсенал, прогнозування залишається викликом. Політичні кризи, воєнні конфлікти або паніка учасників ринку – це фактори, які майже неможливо формалізувати математично [4]. Ба більше, фінансові системи самоадаптуються: люди реагують на прогнози, змінюючи свою поведінку, що робить моделі ще вразливішими. У підсумку, найбільш надійний результат дає лише синтез усіх методів – від фундаментального аналізу до високих технологій. Хоча математика не може повністю стерти невизначеність, вона дозволяє нам замість сліпих ворожінь будувати реалістичні сценарії майбутнього, відкриваючи нові горизонти для економічної думки [9; 10].

Література

1. Базилевич В. Д., Баластрик Л. О. *Макроекономіка*. Київ: Знання, 2018. 743 с.
2. Гальчинський А. С. *Теорія грошей*. Київ: Основи, 2017. 413 с.
3. Національний банк України. *Монетарна політика та економічний розвиток України*. Київ : НБУ, 2022. 256 с.
4. Мочерний С. В. *Економічна теорія*. Київ : Академія, 2019. 640 с.
5. Козюк В. В. *Монетарна політика в умовах глобалізації*. Тернопіль : Економічна думка, 2018. 384 с.

6. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C., Ljung G. M. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 5th ed. Hoboken : Wiley, 2015. - 712 p.

7. Wooldridge J. M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 7th ed. Boston : Cengage Learning, 2020. 912 p.

8. Gujarati D. N., Porter D. C. *Basic Econometrics*. 5th ed. New York : McGraw-Hill, 2009. 922 p.

9. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. Cambridge : MIT Press, 2016. 800 p.

10. Krugman P., Obstfeld M., Melitz M. *International Economics: Theory and Policy*. 11th ed. London : Pearson, 2018. 784 p.

11. Shmueli G., Bruce P., Gedeck P. *Data Mining for Business Analytics*. Hoboken : Wiley, 2020. 608 p.

12. Степан Боярчук, Іван Тищенко. МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ARIMA ТА LSTM В ЕКОНОМІЦІ ТА ФІНАНСАХ. Комп'ютерні системи проєктування. Теорія і практика. (Друковане видання), Національний університет «Львівська політехніка» Том 7, Номер 1, 2025. С. 172-180.

References

1. Bazylevych, V.D., & Balastryk, L.O. (2018). *Makroekonomika [Macroeconomics]*. Kyiv: Znannia [in Ukrainian].

2. Halchynskyi, A.S. (2017). *Teoriia hroshei [Theory of money]*. Kyiv: Osnovy [in Ukrainian].

3. Natsionalnyi bank Ukrainy. (2022). *Monetarna polityka ta ekonomichniy rozvytok Ukrainy [Monetary policy and economic development of Ukraine]*. Kyiv: NBU [in Ukrainian].

4. Mochernyi, S.V. (2019). *Ekonomichna teoriia [Economic theory]*. Kyiv: Akademiia [in Ukrainian].

5. Koziuk, V.V. (2018). *Monetarna polityka v umovakh hlobalizatsii [Monetary policy in the context of globalization]*. Ternopil: Ekonomichna dumka [in Ukrainian].

6. Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C., & Ljung, G.M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control* (5th ed.). Hoboken: Wiley.

7. Wooldridge, J.M. (2020). *Introductory econometrics: A modern approach* (7th ed.). Boston: Cengage Learning.

8. Gujarati, D.N., & Porter, D.C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.

9. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. Cambridge: MIT Press.

10. Krugman, P., Obstfeld, M., & Melitz, M. (2018). *International economics: Theory and policy* (11th ed.). London: Pearson.

11. Shmueli, G., Bruce, P., & Gedeck, P. (2020). *Data mining for business analytics*. Hoboken: Wiley.

12. Boiarchuk, S., & Tyshchenko, I. (2025). Modeli prohnozuvannia chasovykh riadiv ARIMA ta LSTM v ekonomitsi ta finansakh [Time series forecasting models ARIMA and LSTM in economics and finance]. *Kompiuterni systemy proektuvannia. Teoriia i praktyka Computer-aided design systems. Theory and practice*, 7(1), 172–180 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 02.05.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.05.2026