

## ОГЛЯД СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГНОЗУ

**Гурмач А.В.,**студентка<sup>1</sup>

Сумський державний університет

e-mail: a.hurmach@student.sumdu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-0313-5344>

Стаття присвячена огляду сучасних статистичних методів для розроблення прогностичних моделей та узагальненню основоположних принципів, котрих рекомендовано дотримуватися при розробленні будь-яких моделей прогнозу, що використовують не лише класичні статистичні методи, а й методи нейронного моделювання та машинного навчання. До базових принципів розроблення моделей прогнозу віднесено такі: принцип системності (об'єкт, що розглядається, являє собою систему зв'язаних характеристик); принцип науковості (прогноз повинен розроблятися за допомогою підтверджених наукових методів); принцип природньої специфічності (певна специфіка об'єкта прогнозування може допомогти виявити певні можливі сценарії розвитку об'єкта); принцип оптимізації об'єкта прогнозування (опис об'єкта на етапі аналізу повинен бути в рамках певної достовірності прогнозу); принцип безперервності прогнозу (прогноз повинен постійно коригуватися залежно від зміни умов та сил, що виходять від зовнішнього середовища та впливають на прогноз); принцип адекватності (прогнозна модель має бути наближена до суб'єктивних оцінок реального світу та оцінки реального становища об'єкта); принцип рентабельності (певний прибуток від розробки та впровадження прогнозу має перевищувати витрати на його розроблення); принцип верифікованості прогнозу (прогнозні оцінки мають бути обгрунтовані); принцип альтернативності прогнозу (можливість розроблення прогнозу різними методами).

Проведений огляд прогностичних методів дозволив розподілити статистичні прогностичні методи на дві категорії. Першу категорію формують автопроективні моделі, до яких належать моделі випадкового блукання, що містять вільний член або нього; моделі, що відображають детерміновану тенденцію з випадковими коливаннями навколо тренду; моделі ковзного середнього; моделі експоненціального згладжування, що використовують просте експоненціальне згладжування, лінійні, квадратичні та сезонні згладжувачі; інтегроване представлення авторегресійних моделей та моделей ковзного середнього, ARIMA моделі. Такі моделі містять тільки часові ряди, на основі яких буде здійснюватися прогнозування. Ці моделі фіксують динаміку рухів минулих рядів та здійснюють їх проєктування у майбутнє. Другий базова категорія прогностичних моделей – моделі з провідними та найсуттєвішими для даного прогнозу (іноді інтегральними) показниками, що містять минулі значення інших часових рядів.

**Ключові слова:** методи прогнозування, принципи розроблення прогнозу, метод випадкового блукання, експоненціальне згладжування, критерії перевірки якості прогнозу.

DOI: 10.21272/1817-9215.2022.4-20

## ВСТУП

Сфера застосування методів прогнозування, що використовують статистичні методи, методи нейронного моделювання, штучного інтелекту, машинного навчання є дуже широкою та різноманітною. Об'єктами прогнозування може бути все, що детерміновано в рамках певних статистичних корисних показників-репрезентацій, а також сукупність даних певного типу, які можуть являти собою дискретні та неперервні величини, кількісні та якісні показники, номінальні та порядкові величини, інтегральні значення. Зараз як ніколи раніше людство стикається з величезною кількістю та різноманітністю різних фінансових відносин, де не тільки звичайні повсякденні фінансові операції як переказ грошей, але й купівля різних фінансових активів, будь то акції, облігації, можливо навіть криптовалюта чи NFT, все це стало частиною економічного життя світу. Люди завжди хочуть знати, що буде в майбутньому, для цього, до певного часу, люди покладалися виключно на досвід, але зараз завдяки статистичним, економічним та математичним дослідженням, людям відкрилися нові можливості для прогнозування. Для сучасних трейдерів, інвесторів, інвестиційних фондів і просто для людей, які хочуть зберегти або примножити свої гроші, варто використовувати потужні новітні методології дескриптивного аналізу,

<sup>1</sup> Науковий керівник – доктор економічних наук, професор Леонов С. В.

інтелектуального аналізу даних, машинного навчання, методи обробки статистичної інформації з можливістю роботи з великими даними для того, щоб бути конкурентоспроможними.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Питання якісної розробки прогнозів різними методами, їх особливостей, сфер застосування та особливостей процедур розробки активно досліджується науковцями світу. За запитом у пошуковій системі бази даних Скопус «застосування методів прогнозування» за останні 5 років, з 2017 року по грудень 2022 було знайдено 23246 наукових публікацій, що, безумовно, підтверджує актуальність використання методів розроблення прогнозу у різних сферах. Так, проведене дослідження засобами програмного забезпечення пакету RStudio, мови прогнумування R та бібліотеки Bibliometrix [1] на підґрунті перших 2000 опублікованих статей із загального масиву обсягом 23246 публікацій, дозволило виділити перелік найбільш популярних країн за кількістю цитувань публікацій, присвячених дослідженням сфер застосування прогностичних методів записів з цих публікацій (рис. 1).

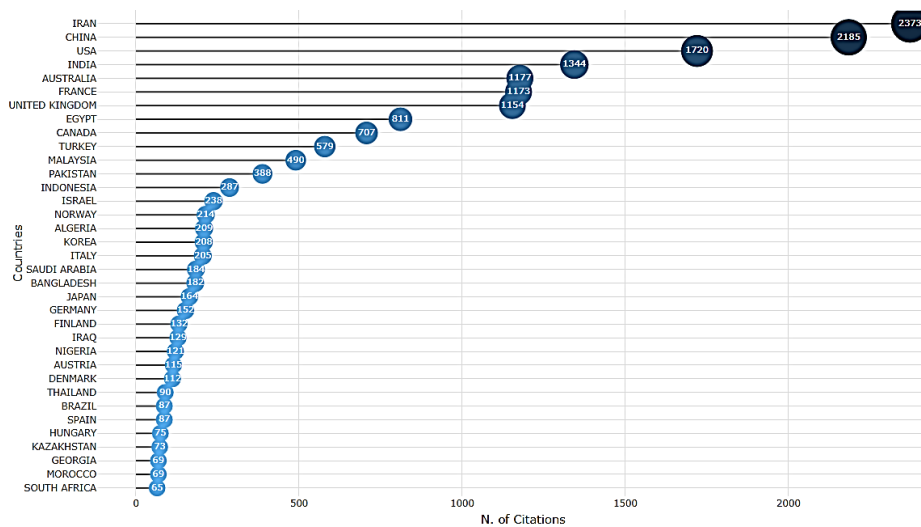


Рисунок 1 – Бібліометричний аналіз наукових публікацій за тематикою сфери застосування методів для розроблення прогнозу

Джерело: побудовано автором засобами пакету R Studio з використанням бібліотеки Bibliometrix

Порівняльний аналіз галузей наук, в яких застосовуються методи прогнозування на основі аналізу відібраних публікацій наведено на рисунку 2.

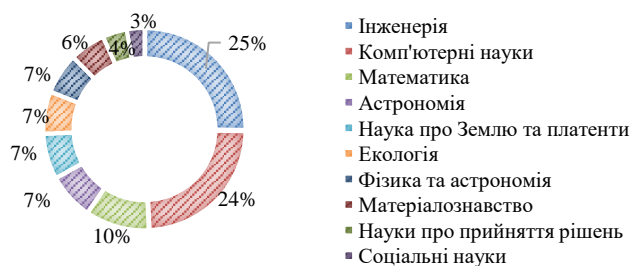


Рисунок 2 – Порівняння галузей наук за сферами використання прогностичних методів

Джерело: побудовано автором

## ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою даного дослідження є визначення особливостей, сутності та змісту статистичних методів, що використовують автопроективні моделі (моделі випадкового блукання, трендові моделі, моделі ковзного середнього, моделі експоненціального згладжування, ARIMA моделі) для розроблення якісних результатів прогнозування.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі дослідження використовувались методи порівняння, логічного узагальнення, бібліометричного аналізу з використанням програмного забезпечення R Studio та бібліотеки Bibliometrix (для огляду методів прогнозування, та сфер їх застосування), компаративного аналізу, статистичні методи прогнозування (модель випадкового блукання, трендові моделі, моделі ковзного середнього, моделі експоненціального згладжування Брауна, Хольта, та Вінтерса, ARIMA моделі).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При розробленні будь-якого прогнозу, перш за все, необхідно дотримуватись основних принципів, що його формують [1]: принцип системності (об'єкт повинен розглядатися, як сукупність, що являє собою систему зв'язаних характеристик об'єкту та його прогнозного фону); принцип науковості (прогноз повинен розроблюватися за допомогою підтверджених наукових методів); принцип природної специфічності (певна специфіка об'єкта прогнозування може допомогти виявити певні можливі сценарії розвитку об'єкта, що в свою чергу може допомогти виділити певні рамки можливого прогнозу); принцип оптимізації об'єкта прогнозування (опис об'єкта на етапі аналізу повинен бути в рамках певної достовірності прогнозу); принцип безперервності прогнозу (прогноз повинен постійно коригуватися залежно від зміни умов та сил, що виходять від зовнішнього середовища та впливають на прогноз); принцип адекватності (прогнозна модель має бути наближена до суб'єктивних оцінок реального світу та оцінки реального становища об'єкта); принцип рентабельності (певний прибуток від розробки та впровадження прогнозу має перевищувати витрати на його розроблення); принцип верифікованості прогнозу (прогнозні оцінки мають бути обґрунтовані); принцип альтернативності прогнозу (можливість розробки кількох варіантів прогнозу).

Отже, розглянемо формалізовані методи прогнозування. Слід зазначити, що і тут є певна класифікація моделей за деякою ознакою математичної моделі, на якій заснований метод. Насамперед – це моделі предметної області та моделі часових рядів.

Розглядаючи докладніше кожен з них, можна дійти висновку, що для побудови моделей предметної області застосовуються деякі знання деяких законів іншої предметної області. Наприклад, у разі аналізу фінансових інструментів можна покладатися на знання фундаментального аналізу. У разі прогнозування погоди застосовуються знання фізики та закони динаміки рідин, термодинаміки тощо. В цілому можна вловити суть, такі прогнози тісно пов'язані на певному досвіді вивчення тієї чи іншої області. У таких моделях застосовуються залежності, властиві конкретній предметній області. Таким моделям притаманний індивідуальний підхід у створенні.

У моделях часових рядів наголошується на знаходженні залежності майбутнього значення від минулого всередині самого процесу і на цій залежності розробляється прогноз. Такі моделі мають перевагу в чіткій детермінованості та універсальності. Маючи нейронну мережу для прогнозування ціни акцій, ми можемо стверджувати, що вона може бути ефективною і для ф'ючерсних активів, змінюючи певні гіперпараметри мережі або створення нової мережі на основі попередньої.

Оскільки моделі часових рядів більш універсальні і детерміновані, слід знову докладніше зупинитися на класифікації таких моделей. Загалом їх можна розділити

на статистичні моделі та структурні моделі. До статистичних моделей можна віднести: регресію, авторегресію, модель експоненціального згладжування, модель за вибіркою максимальної подоби та багато інших [3]. В цілому такі моделі працюють на залежності майбутнього від минулого у вигляді деякого рівняння. У структурних моделях така залежність, корисна для прогнозу подається у вигляді деякої структури і правилами переходить від однієї частини структури в іншу. За таким описом можна навести приклади моделей: нейромережові моделі, моделі з урахуванням ланцюгів Маркова, моделі з урахуванням класифікаційно-регресійних дерев тощо. Слід зазначити що структурні моделі найчастіше є складнішими ніж статистичні, оскільки в основі вони використовують статистичні методи, переносючи складнішу структуру поліпшення корисності прогнозу.

Отже, узагальнюючи різноманітні підходи та особливості прогнозних моделей можна виділити два базових типи таких моделей.

Перший тип – автопроективні моделі [4]. Такі моделі містять тільки часові ряди, на основі яких буде здійснюватися прогнозування. Ці моделі фіксують динаміку рухів минулих рядів та здійснюють їх проектування у майбутнє.

Другий базовий тип прогнозних моделей – моделі з провідними та найсуттєвішими для даного прогнозу (іноді інтегральними) показниками, що містять минулі значення інших часових рядів [4].

Будь-яка модель наведених типів містить: 1) часові ряди, значення яких прогнозуються  $\{Y_t\}, t = 1, 2, \dots, n$ ; 2) прогноз  $F_t(k)$  – прогноз  $Y_{t+k}$  з використанням наявної інформації в момент часу  $t$ ; 3) помилку прогнозування на один крок вперед на момент часу  $t$ :  $e_t = Y_t - F_{t-1}(1)$ . Для обчислення похибки  $e_t$  можуть бути застосовані формули, що наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Формули для розрахунку похибки прогнозу на один крок вперед

Зміст формули	Опис результату, що обчислює формула
$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}}$	Середньоквадратична помилка (Root Mean Squared Error)
$MAPE = 100 \cdot \frac{\sum_{t=1}^n \frac{ e_t }{ Y_t }}{n} \%$	Середня абсолютна помилка у відсотках (Mean Absolute Percentage Error)
$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n  e_t }{n}$	Абсолютна помилка (Mean Absolute Error)
$ME = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}$	Середня помилка (Mean Error)
$MPE = 100 \cdot \frac{\sum_{t=1}^n \frac{e_t}{Y_t}}{n} \%$	Середня помилка у відсотках (Mean Percentage Error)

Джерело: побудовано автором на основі [4]

Звичайно, бажано, щоб RMSE, MAPE і MAE були якомога меншими. Так само бажано, щоб ME та MPE були близькі до 0. Зупинимося більш детально на типах автопроективних моделей.

Перший тип: модель випадкового блукання – ґрунтується на чітко визначеній інформації про об'єкт дослідження на основі спостережень часового ряду. Модель випадкового блукання може бути побудована без вільного члена (1) або містити константу (2) [4]:

$$F_t(k) = Y_t, \quad \forall k \geq 1 \quad (1)$$

$$F_t(k) = Y_t + k\hat{\Delta}, \quad (2)$$

де  $\hat{\Delta}$ , – середня різниця між послідовними періодами.

Прикладами, де широко використовуються моделі випадкового блукання є прогнозування цін акцій на фондовому ринку, які коливаються, або прогнозування фінансового стану гравця.

Другий тип: трендові моделі – часові ряди містять детерміновану тенденцію з випадковими коливаннями навколо тренду. Поширеними типами трендів що містять лінійну функцію (3), експоненціальну функцію (4), функцію кривої зростання (5):

$$F_t(k) = \hat{a} + \hat{b}(t + k) \quad (3)$$

$$F_t(k) = \exp(\hat{a} + \hat{b}(t + k)) \quad (4)$$

$$F_t(k) = \exp(\hat{a} + \hat{b}/(t + k)) \quad (5)$$

Третій тип: моделі ковзного середнього – усереднюють недавню історію для прогнозування майбутньої поведінки:

$$F_t(k) = \frac{\sum_{i=0}^{c-1} Y_{t-i}}{c} \quad (6)$$

де  $c$  – усереднені дані, діапазон яких задається ковзною середньою величиною та використовуються для прогнозу.

Четвертий тип: моделі експоненціального згладжування – поєднують нову інформацію з попередніми прогнозами для створення нових прогнозів. Такий підхід є дуже корисним для розроблення прогнозу, адже тут здійснюється об'єднання нової інформації в момент часу  $t$  з попередньою інформацією, яку було зібрано до часу  $t$ :

$$F_t(k) = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_{t-1}(k), \quad (7)$$

$\alpha$  – коефіцієнт, що характеризує величину згладжування,  $0 < \alpha < 1$ .

Слід акцентувати увагу, що в моделях експоненціального згладжування використовуються просте експоненціальне згладжування, лінійні, квадратичні та сезонні згладжувачі. Просте експоненціальне згладжування призводить до набору прогнозів, ідентичних для всіх майбутніх періодів. Лінійні згладжувачі призводять до набору прогнозів, що містять лінії з постійним нахилом (процедура відбувається подвійним експоненціальним згладжуванням). Функція квадратичного згладжування є поліномом другого порядку. Сезонне експоненціальне згладжування створює прогнози з сезонною закономірністю. Зауважимо, що різні види експоненціального згладжування можуть бути здійснені за допомогою простого, лінійного або квадратичного згладжування Брауна з використанням значення  $\alpha$  (першого згладжувача), лінійного експоненціального згладжування Хольта з використанням першого згладжувача  $\alpha$  та другого згладжувача  $\beta$ , сезонного експоненціального згладжування Вінтерса з використанням першого згладжувача  $\alpha$ , другого згладжувача  $\beta$  та третього згладжувача  $\gamma$  [5].

Отже, розглянемо особливості розроблення прогнозних моделей експоненціального згладжування Брауна, Хольта, та Вінтерса.

Прості, лінійні та квадратичні методи експоненціального згладжування Брауна оцінюють функції прогнозу які мають форму простого середнього, лінійного тренду та квадратичного тренду відповідно. Для того, щоб розробити прогноз необхідно здійснити три проходи експоненціального згладжувача (8-10):

$$S'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (8)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (9)$$

$$S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1} \quad (10)$$

де  $S_t$  – згладжена величина,  $\alpha$  – перший експоненціальний параметр згладжування, який має бути більше 0 і менше 1. Параметр  $\alpha$  використовується для оцінки рівня часового ряду в усіх методах. Для лінійного та квадратичного згладжування Брауна він також використовується для оцінки нахилу та члена другого порядку. Початкові значення в момент  $t = 0$  визначаються шляхом зворотного прогнозування, яке спочатку згладжує часовий ряд назад, а потім використовує прогнози для ініціалізації прямого згладжування. Розроблення прогнозу здійснюється за допомогою формул (11-13):

$$F_t(k) = S'_t \quad (11)$$

$$F_t(k) = 2S'_t - S''_t + k \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t) \quad (12)$$

$$F_t(k) = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t + k \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} ((6-5\alpha)S'_t - (10-8\alpha)S''_t + (4-3\alpha)S'''_t) + k^2 \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} (S'_t - 2S''_t + S'''_t) \quad (13)$$

Формула (11) характеризує прогноз, що розроблений за допомогою простого згладжування Брауна, формула (12) – прогноз, розроблений за допомогою лінійного згладжування Брауна, а формула (13) – прогноз, розроблений за допомогою квадратичного згладжування Брауна.

Лінійне експоненціальне згладжування Хольта подібне до лінійного експоненціального згладжування Брауна, оскільки воно генерує прогнози, які також слідує лінійним трендам [4]. Проте процедура Хольта використовує два сталих коефіцієнта згладжування  $\alpha$  та  $\beta$ . Константа  $\alpha$  використовується для оцінки рівня ряду в момент часу  $t$ , а друга для оцінки нахилу. Процедура згладжування та формування прогнозу подана формулами (14-16):

$$S_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (14)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (15)$$

$$F_t(k) = S_t + kT_t \quad (16)$$

За допомогою формули (14) здійснюються згладжування даних для оцінки рівня ряду, за допомогою формули (15) – згладжування результатів, які були отримані за допомогою першого згладжувача та визначення напрямку схилу, формулою (16) здійснюється розроблення прогнозу.

Метод експоненціального згладжування Вінтерса розширює процедуру Хольта, додаючи додатковий параметр  $\gamma$  для оцінки сезонних ефектів за допомогою третього згладжувача [4].

П'ятий тип автопроєктивних моделей – це ARIMA моделі, які є інтегрованим представленням авторегресійних моделей та моделей ковзного середнього, є параметричними та описують динаміку системи показників. Узагальнена формула ARIMA моделі подана формулою (17):

$$\text{ARIMA\_model} = \text{ARIMA}(p,d,q) \quad (17)$$

де  $p$  – авторегресійний член порядку  $p$ ,  $d$  – різниця часового ряду порядку  $d$ ,  $q$  – ковзний середній член порядку  $q$ .

Слід також підкреслити, що будь-який прогноз, розроблений на основі вищенаведених методів, має бути адекватним та підтверджений інформаційно-статистичними критеріями перевірки. До таких критеріїв належать інформаційний критерію Акаїке (Akaike Information Criterion, AIC, оцінює якість моделі порівняно з

кожною іншою), інформаційний критерій Ханнана-Куїна (Hannan-Quinn Criterion, HQC, використовується для порівняння моделей з різним числом параметрів, є альтернативою для моделі AIC), Баєсів інформаційний критерій (Schwarz-Bayesian information Criterion, SBIC, порівнює якість моделі відносно кожної іншої, використовуючи функцію правдоподібності, є альтернативою для моделі AIC), значення середньоквадратичної помилки (Mean Squared Error, MSE), абсолютне значення середньоквадратичної помилки (Mean Absolute Error, MAE) та абсолютне значення середньоквадратичної похибки, виражене у відсотках (Mean Absolute Percentage Error, MAPE).

## ВИСНОВКИ

Маючи загальне уявлення про природу прогнозу і розуміючи загальну методикою прогнозування в цілому аналітичним відділам, економічним відділам, управлінським ланкам підприємств, банків, фірм (будь-яких соціально-економічних об'єктів) доцільно розробляти щонайменше короткострокові прогнози на основі показників своєї діяльності в сучасних умовах коопетиції для розуміння тенденцій в змінах цих показників. В результаті проведеного дослідження виявлено базові принципи, яких потрібно дотримуватися при розробленні прогнозів, а також наведено детальний опис та особливості статистичних автопроективних методів прогнозування: моделі випадкового блукання, що містять вільний член або нього; моделі, що характеризують детерміновану тенденцію з випадковими коливаннями навколо тренду; моделі ковзного середнього; моделі експоненціального згладжування, що використовують просте експоненціальне згладжування, лінійні, квадратичні та сезонні згладжувачі (моделі Брауна, Хольта, та Вінтерса); інтегроване представлення авторегресійних моделей та моделей ковзного середнього (параметричні моделі ARIMA). Крім того, проведене дослідження підтвердило, що значущість розробленого прогнозу та рівень довіри до отриманих майбутніх значень показників залежить від якості розроблених моделей. Критеріями перевірки якості розроблених прогнозів є інформаційний критерій Акаїке, критерій Ханнана-Куїна, Баєсів інформаційний критерій, значення середньоквадратичної помилки, абсолютне значення середньоквадратичної помилки та абсолютне значення середньоквадратичної похибки, виражене у відсотках.

## SUMMARY

### **Gurmach A. Overview of statistical methods for forecast development**

*Having a general idea of the nature of the forecast and understanding the general methodology of forecasting in general, it is advisable for analytical departments, economic departments, management units of enterprises, banks, firms (of any socio-economic objects) to develop at least short-term forecasts based on indicators of their activity in modern conditions coopeitions to understand trends in changes in these indicators. As a result of the conducted research, the basic principles that must be observed when developing forecasts are revealed, as well as a detailed description and features of statistical auto-projective forecasting methods are given: random walk models containing a free term or it; models characterizing a deterministic trend with random fluctuations around the trend; moving average models; exponential smoothing models using simple exponential smoothing, linear, quadratic and seasonal smoothing (Brown, Holt, and Winters models); integrated presentation of autoregressive models and moving average models (parametric ARIMA models). In addition, the conducted research confirmed that the significance of the developed forecast and the level of confidence in the obtained future values of the indicators depends on the quality of the developed models. The criteria for checking the quality of the developed forecasts are: the Akaike information criterion, which evaluates the quality of the model compared to each other; the Hannan-Quinn Criterion information criterion, which is used to compare models with a different number of parameters and is an alternative to the Akaike information criterion; the Schwarz-Bayesian information Criterion, which compares the quality of a model relative to each other using a likelihood function; the mean squared error value, the absolute value of the mean squared error and the absolute value of the mean squared error expressed as a percentage.*

**Keywords:** forecasting methods, principles of forecast development, random walk method, exponential smoothing, criteria for checking forecast quality.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975.
2. Мельник Т.Ю. Прогнозування соціально-економічних явищ як інструмент обґрунтування управлінських рішень. *Вісник ЖДТУ*. 2018. № 2 (84). С. 90-95.
3. 5 Statistical Methods for Forecasting Quantitative Time Series. URL: [https://www.bistasolutions.com/resources/blogs/5-statistical-methods-for-forecasting-quantitative-time-series/#:~:text=Techniques%20of%20Forecasting%3A,Neural%20Network%20\(NN\)](https://www.bistasolutions.com/resources/blogs/5-statistical-methods-for-forecasting-quantitative-time-series/#:~:text=Techniques%20of%20Forecasting%3A,Neural%20Network%20(NN))
4. Time Series Analysis and Forecasting. URL: <https://www.statgraphics.com/time-series-analysis-and-forecasting>
5. Predictive Analytics with Microsoft Excel: Working with Seasonal Time Series. URL: <https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=2433607&seqNum=2>

## REFERENCES

1. Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975.
2. Melnyk T. Yu. Prohnozuvannya sotsialno-ekonomichnykh yavyschch yak instrument obgruntuvannya upravlinskykh rishen. *Visnyk ZhDTU*. 2018. № 2 (84). S. 90-95.
3. 5 Statistical Methods for Forecasting Quantitative Time Series. URL: [https://www.bistasolutions.com/resources/blogs/5-statistical-methods-for-forecasting-quantitative-time-series/#:~:text=Techniques%20of%20Forecasting%3A,Neural%20Network%20\(NN\)](https://www.bistasolutions.com/resources/blogs/5-statistical-methods-for-forecasting-quantitative-time-series/#:~:text=Techniques%20of%20Forecasting%3A,Neural%20Network%20(NN))
4. Time Series Analysis and Forecasting. URL: <https://www.statgraphics.com/time-series-analysis-and-forecasting>
5. Predictive Analytics with Microsoft Excel: Working with Seasonal Time Series. URL: <https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=2433607&seqNum=2>