

УДК 338.2

DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V38\(2023\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V38(2023)-01)

Абрамова М. В., кандидат економічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник
Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0001-7644-9988

e-mail: Elaira3@gmail.com

Чернишова І. М., кандидат військових наук, старший дослідник, старший науковий співробітник
Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0002-5958-7059

e-mail: i_ttv@ukr.net

Журенко С. В., слухач інституту логістики та підтримки військ (сил) Національного університету
оборони України, м. Київ Україна

ORCID: 0009-0003-1598-935X

e-mail: SZhurenko_1978@gmail.com

Вісленко Д. В., слухач інституту логістики та підтримки військ (сил) Національного університету
оборони України, м. Київ, Україна

ORCID: 0009-0007-0320-6732

e-mail: vislenkodv_1985@gmail.com

Важливість урахування результатів адитивного моделювання під час аналізу динаміки процесів

Анотація. Авторами цієї статті було взято до уваги те, що нині важливою для вирішення залишається проблема не тільки більш реалістичного прогнозування даних, а й якісного тлумачення результатів, на кожному етапі аналізу. Для визначення суті (особливостей) динаміки процесів приведена важливість використання адитивного моделювання під час екстраполяції статистичних даних валового внутрішнього продукту (ВВП) України та Російської Федерації до 2026 року включно, а також представлена можливість використання результатів його проміжних етапів під час аналізу суті динаміки відповідного процесу. Так як адитивна модель передбачає, що кожен рівень часового ряду може бути представлений як сума трендової, сезонної і випадкової компонент, тому для полегшення сприйняття етапів проведення адитивного моделювання у роботі наведений відповідний алгоритм, а також проведений візуальний аналіз сезонних компонентів екстраполяції. Також авторами здійснено порівняння результатів адитивного моделювання та результатів прогнозування даних за допомогою поліному шостого порядку та здійснені відповідні висновки.

Ключові слова: адитивне моделювання; екстраполяція; валовий внутрішній продукт; прогнозування.

Maryna Abramova, PhD (Economics), Senior Researcher, Senior Researcher at the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Iryna Chernyshova, Candidate of Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher at the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Serhii Zhurenko, student at the Institute of Logistics and Support of Troops of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Dmytro Vislenko, student at the Institute of Logistics and Support of Troops of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The Importance of Taking into Account the Results of Additive Modeling During Dynamics Process Analyzing

Abstract. Introduction. In order to cope with such changes during the analysis, it is necessary to understand the essence of the methods and approaches that should be used by the researcher. The authors of this article aim to inform a wide range of scientists about the possibilities of using additive modeling not only to forecast data with seasonal and random components, but also to take into account its results at each stage of analysis to determine the essence (features) of the dynamics of processes (on the example of the gross domestic product of the Russian Federation and Ukraine until 2026), as well as to compare its forecast data with the results of extrapolation using a sixth-order polynomial. The authors of this paper extrapolated the data of the gross domestic product of the Russian Federation and Ukraine to 2026 using additive modeling.

¹Стаття надійшла до редакції: 24.04.2023

Received: 24 April 2023

Purpose. The purpose of the article is to convey to a wide range of scientists the possibilities of using additive modeling not only for forecasting data taking into account the seasonal component, but also taking into account its results at each stage of analysis to determine the essence (features) of the dynamics of processes (on the example of data on the gross domestic product of the Russian Federation and Ukraine with a forecast until 2026), as well as a comparison of its forecast data with the results of extrapolation using a sixth-order polynomial.

Results. Thus, based on the results of calculating the average percentage error, average absolute percentage error, coefficient of determination and the results of checking the adequacy of the model, the following conclusions were made: the specificity of the statistical data proposed for analysis (GDP of Ukraine and the Russian Federation) fully meets the requirements of additive modeling; there are no significant deviations from the average variation in the statistical data proposed for analysis, so the reliability of extrapolation is high; similar values in the changes in the average percentage error, average absolute.

Conclusions. That is, to bring the extrapolation closer to reality, the value of the seasonal component was calculated. According to the results obtained, the dynamics of Ukraine's GDP, based on the data for 1986-2022, is more stable than that of the Russian Federation (1987-2022). According to the results obtained after evaluating the results of the two calculations, the following conclusions can be drawn: although Ukraine's GDP indicators reacted more sharply to changes in the national economy (sharper drops in the sample than in the Russian Federation's indicators), the extrapolation data of both approaches have a similar trend, which is evidence of a faster recovery of economic processes within the country; the results of extrapolation of the two approaches do not coincide, which indicates the presence of hidden processes in the national economy that have a significant impact on the dynamics of Thus, today the problem is not only in more realistic data forecasting, but also in the qualitative interpretation of the results at each stage of analysis to determine the essence (features) of the dynamics of processes.

Keywords: additive modeling; extrapolation; gross domestic product; forecasting.

JEL Classification: C53.

Постановка проблеми. Процес – це динамічна система, поведінка якої змінюється з часом. Для того, щоб впоратися з такими змінами під час аналізу потрібне розуміння сутності методів та підходів, що мають бути використані науковцем. Основними завданнями економіко-динамічних моделей є вміння класифікувати та описувати стан складних динамічних систем та їх компонентів за допомогою аналітичних методів та результатів моделювання; математично трактувати динамічні можливості безперервного та дискретного часу; аналізувати стійкість, керованість та спостережуваність динамічних систем, а також створювати підґрунтя для проектування системи автоматичного управління динамічними процесами.

Окрім можливості наявності безладу в даних через великий обсяг, науковці також стикаються з іншими проблемами, такими як: збір змістовних даних, вибір правильного інструменту аналітики, метод візуалізації даних взятих з різних джерел, низька якість даних, брак навичок, проблеми масштабування, безпека даних, бюджетні обмеження, брак культури обробки даних, тощо. Також, однією і з проблем науковців є наявність великої кількості зворотних зв'язків, що виникають у цих системах і визначають причинно-наслідкові наслідки між елементами досліджуваних процесів.

Під час аналізу динаміки процесів існує шість поширених типів проблем. До них можна віднести: прогнозування, категоризацію речей, визначення тем, пошук закономірностей, виявлення чогось незвичайного та виявлення зв'язків. Загалом є дві особливості: розгляд як єдиного цілого в контексті змін (процес моделювання має структуру, яка дозволяє представити навіть дуже складні моделі в чіткому і зрозумілому вигляді) та наявність

взаємозв'язків, які мають нелінійний характер. Ефект адитивного моделювання може бути виражений – як зважена сума незалежних змінних, так що його частка, що припадає на одну незалежну змінну, не залежить від значення будь-якої іншої незалежної змінної, особливо є цікавим врахування під час прогнозування сезонних та випадкових компонент. Вищезазначені властивості методу означають, що він може бути успішно застосований для моделювання, аналізу та пояснення сутності різних динамічних процесів, пошуків шляхів вирішення складних проблем, практично в будь-якій області. Отже, його додаткове використання разом із іншими методами надасть змогу розширити розуміння сутності та механізмів змін досліджуваних процесів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Перевагою адитивних моделей є те, що вони більш гнучкі, ніж лінійні моделі, але зберігають багато бажаних властивостей своїх лінійних аналогів. У статистиці адитивна модель – це метод непараметричної регресії. Вона була запропонована Джеромом Х. Фрідманом і Вернером Штутцле (1981) [1] і є невід'ємною частиною багатьох алгоритмів.

Останнім часом адитивне моделювання використовувалось за наступними напрямками: прогнозування доходів туристичних підприємств [2], аналіз динаміки процесів злиття і поглинання для секторів економіки [3], розроблення комплексу економіко-математичних моделей для моделювання та прогнозування тенденцій розвитку малого бізнесу в Україні [4] та інші.

Є доробки [5,6] у яких представлено сучасні методи стохастичного та статистичного моделювання і прогнозування нелінійних нестационарних процесів різної природи, що

базуються на сучасних принципах системного аналізу (для побудови математичних моделей у вигляді авто регресії, з інтегрованими ковзними середніми, запропоновано методологію, що базується на кореляційному аналізі досліджуваних процесів, не лінійних і нестационарних статистичних тестах, а також набір критеріїв якості даних, моделей і прогнозів). За допомогою економіко-математичних моделей можна вирішити такі завдання оптимізувати виробничу структуру підприємства, визначити напрямок спеціалізації, оптимізувати структуру посівних площ, визначити потребу підприємства у виробничих ресурсах, забезпечити максимальний прибуток від реалізації сільськогосподарської продукції [7]. Також наукові праці, що є у широкому доступі, містять дослідження на перетині галузей інформаційних технологій та епідеміології з використанням методів математичного моделювання та штучного інтелекту [8] (де використовується адитивне моделювання), та вперше розроблено і адаптовано універсальний і комплексний (з блоками хаотичної геометрії, нейромережевого моделювання та прогнозування) інструмент для моделювання та аналізу хаотичних властивостей динаміки нелінійних процесів у квантових (атомних) системах у відповідний і повний кількісний спосіб. Апарат рівноправно й одночасно включає низку нових квантово-механічних моделей (розділи нижче) і низку вдосконалених або значно вдосконалених методів, зокрема аналізатори на основі кореляційного інтегрального аналізу, фрактального аналізу, вейвлет-аналізу, середньої взаємної інформації, інформації хибних сусідів та показників Ляпунова, ентропії Колмогорова, спектра потужності, алгоритмів сурогатних даних, нелінійних методів прогнозування, прогнозних траєкторій, нейромережевих алгоритмів, а також механізмів адитивного моделювання [9]. З урахуванням адитивних моделей розроблено програмний продукт для моделювання та прогнозування нелінійних нестационарних процесів, підвищено адекватність математичних моделей нелінійних нестационарних процесів в економіці та фінансах і якості оцінок їх прогнозів за рахунок створення нових математичних моделей [10].

Отже, використання результатів адитивного моделювання є корисним, коли сезонні коливання є відносно постійними в часі. Вітчизняними науковцями також були здійснені спроби аналізу змін макроекономічних показників економіки. У процесі дослідження створена економетрична модель залежності валового внутрішнього продукту та основних макроекономічних факторів, яка дала змогу зробити його прогноз [11]. А також з

урахуванням результатів адитивних моделей узагальнено та систематизовано методи економічного прогнозування на макро- та мікрорівнях, визначено загальну структуру доходів і видатків держави та підприємств, визначено методологію статистичного аналізу та прогнозування доходів і видатків держави та підприємств [12].

Однак, нині адитивне моделювання використовується як самостійний інструмент прогнозування даних та в жодній, із досліджуваних авторами цієї статті, праці він не використовувався як один із допоміжних елементів (із сукупності) під час розуміння сутності динаміки процесів, а також не беруться до уваги проміжні результати його етапів.

Формулювання цілей дослідження. Метою статті є донесення до широкого кола науковців можливостей використання адитивного моделювання не тільки для прогнозування даних із урахуванням сезонної компоненти, а й врахування його результатів на кожному етапі аналізу для визначення суті (особливостей) динаміки процесів (на прикладі даних валового внутрішнього продукту Російської Федерації та України з прогнозом до 2026 року), а також порівняння його прогнозних даних із результатами екстраполяції за допомогою поліному шостого порядку.

Основні результати дослідження. Багато непараметричних методів працюють не в повну силу, коли в моделі є велика кількість незалежних змінних. Розрідженість даних у цій ситуації призводить до завищення дисперсії оцінок. Проблему швидкого зростання дисперсії при збільшенні розмірності іноді називають «прокляттям розмірності». Інтерпретація є ще однією проблемою непараметричної регресії [13]. Ці моделі припускають, що середнє значення залежної змінної залежить від адитивного предиктора через нелінійну функцію зв'язку. Узагальнені адитивні моделі дозволяють, щоб розподіл ймовірності відповіді був членом експоненціального сімейства розподілів. Багато широко використовуваних статистичних моделей належать до цього загального класу, включаючи адитивні моделі для гауссових даних, непараметричні логістичні моделі для бінарних даних і непараметричні лог-лінійні моделі для пуассонівських даних. Щоб подолати ці труднощі Стоун [14] запропонував використання адитивних моделей. Ці моделі оцінюють наближення до багатовимірної регресійної функції. Переваги адитивної апроксимації є щонайменше двоякими:

по-перше, оскільки кожен з окремих адитивних членів оцінюється за допомогою одновимірного згладжувача, можна уникнути «прокляття розмірності», але ціною неможливості універсальної апроксимації;

по-друге, оцінки окремих членів пояснюють, як залежна змінна змінюється при відповідних незалежних змінних.

Отже, важливість урахування результатів адитивного моделювання під час аналізу динаміки процесів доцільно розглянути на наочному прикладі, в даній роботі за допомогою адитивного моделювання здійснена екстраполяція даних валового внутрішнього продукту Російської Федерації та України до 2026 року (рис. 1).

Порівнюючи параметричні та непараметричні оцінки, важливо пам'ятати про компроміс між

зміщенням та дисперсією. Загалом, параметрична оцінка (наприклад, лінійна регресія) матиме меншу дисперсію, ніж непараметрична, оскільки вона є більш обмежувальною. Тим часом, зміщення залежить від справжньої базової моделі. Непараметричні оцінки, як правило, достатньо гнучкі, щоб мати низьку похибку для широкого діапазону базових регресійних функцій, але параметрична оцінка (наприклад, лінійна регресія) матиме низьку похибку лише тоді, коли параметричне припущення є приблизно правильним (тобто, справжня модель є приблизно лінійною), а в іншому випадку може мати високу похибку.

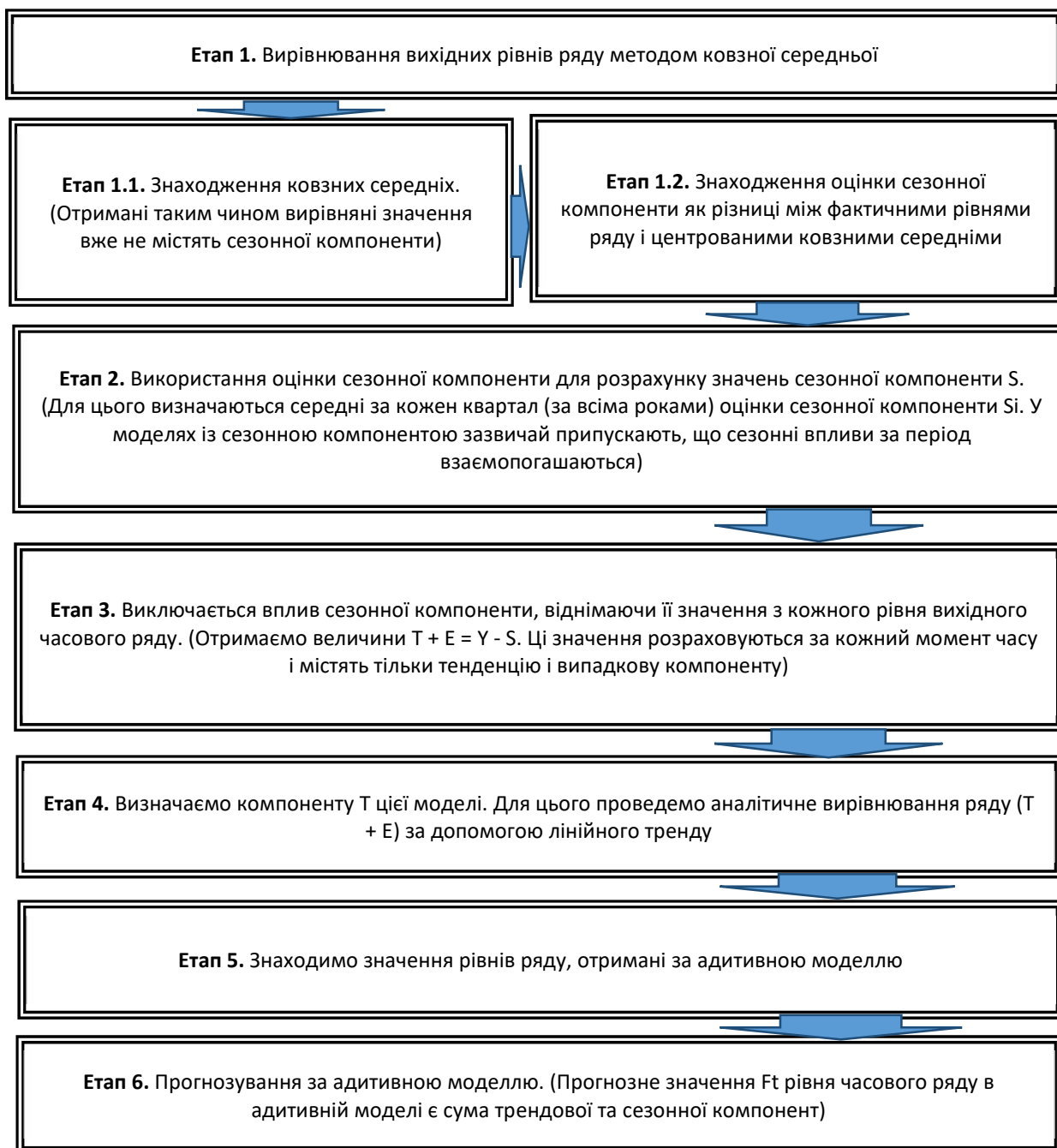


Рисунок 1 – Загальний алгоритм проведення адитивного моделювання

Джерело: побудовано авторами на основі [5]

Аддитивна модель передбачає, що кожен рівень часового ряду може бути представлений як сума трендової (T), сезонної (S) і випадкової (E) компонент.

Необхідно розрахувати скориговані значення сезонної компоненти S_i , а також знайти параметри рівняння методом найменших квадратів; перевірити якість отриманої моделі; розрахувати середню

відсоткову помилку, середню абсолютну відсоткову помилку, середнє абсолютне відхилення, а також середньоквадратичну помилку.

Для оцінки якості побудованої моделі застосуємо суму квадратів отриманих абсолютних помилок, а також перевіримо адекватність моделі (табл. 1).

Таблиця 1 Проміжні результати адитивного моделювання

Параметри	РФ	Україна
Розрахунок середньої відсоткової помилки	$СВП = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{E_i}{y_i} = \frac{1}{36} \cdot 1,265 = 3,51\%$	$СВП = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{E_i}{y_i} = \frac{1}{37} \cdot 1,765 = 4,77\%$
	<i>що більше 5%</i>	
Розрахунок середньої абсолютної відсоткової помилки	$MPE = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{ E_i }{y_i} = \frac{1}{36} \cdot 7,12 = 19,77\%$	$MPE = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{ E_i }{y_i} = \frac{1}{37} \cdot 7,42 = 20,02\%$
	<i>Так як MPE < 20%, тоді то модель подогнана с достаточной точностью.</i>	
Розрахунок коефіцієнт детермінації	$R^2 = 1 - \frac{\sum E^2}{\sum (y_t - \bar{y})^2} = 1 - \frac{3634884,164}{15903153,902} = 0,77.$	$R^2 = 1 - \frac{\sum E^2}{\sum (y_t - \bar{y})^2} = 1 - \frac{20354,853}{88428,342} = 0,77.$
	<i>R² > 75, тому результат вважається статистично значимим</i>	
Перевірка адекватності моделі даним спостереження	$F = \frac{R^2(n-m-1)}{1-R^2} = \frac{0,46^2(36-1-1)}{1-0,46^2} = 28,62;$ $F_{кр} = 4,08;$	$F = \frac{R^2(n-m-1)}{1-R^2} = \frac{0,29^2(37-1-1)}{1-0,29^2} = 13,97;$ $F_{кр} = 4,08;$
	<i>F_{кр} < F, тому Рівняння вважається статистично значимим</i>	

Джерело: розраховано на основі [5]

Так як всі вимоги щодо допустимих меж вищенаведених параметрів – виконуються, тоді можна розрахувати сезонну компоненту та здійснити екстраполяцію даних до 2026 року включно.

Сезонна компонента – це частина варіацій часового ряду, що представляє внутрішньорічні коливання, які є більш-менш стабільними з року в рік за часом, напрямком і величиною. Ряд, який відображає сезонну компоненту, показує закономірність, що повторюється через певні проміжки часу. Тому, у таблиці 2 наведено розрахунок сезонної компоненти на 4 наступні періоди прогнозу.

Отже, за результатами розрахунку: середньої відсоткової помилки, середньої абсолютної відсоткової помилки, коефіцієнту детермінації та результатів перевірки адекватності моделі можна зробити наступні висновки:

- специфіка запропонованих для аналізу статистичних даних (ВВП України та РФ) цілком відповідає вимогам адитивного моделювання;

- у запропонованих до аналізу статистичних даних відсутні значні відхилення від середньої варіації, тому достовірність екстраполяції є високою;

- схожі значення у змінах середньої відсоткової помилки, середньої абсолютної відсоткової помилки, коефіцієнту детермінації та результатів перевірки адекватності моделі свідчать щодо пов'язаності процесів динаміки ВВП РФ та України.

З урахуванням адитивного моделювання здійснено прогноз до 2026 року включно (табл. 2).

Вирішення проблем щодо поліпшення екстраполяції даних є й нині актуальними: по-перше, нелегко моделювати минуле; по-друге, важко сказати, чи можна використовувати модель з минулого для майбутнього. За обома твердженнями стоять глибокі питання про причинність чи ергодичність, достатність пояснювальних змінних, тощо. Пост-раціоналізація може бути небезпечною, оскільки екстраполяція має циклічний характер, а наративи можуть самореалізовуватися. Відповідні рішення можуть прийматися на основі подій, які не відповідають дійсності.

Таблиця 2 Прогнозування ВВП на 2023-2026 роки

Російська Федерація	Україна
Рівняння тренду: $TRF = 171,782 + 43,855t$	Рівняння тренду: $TU = 48,835 + 2,436t$
Прогноз на 1 період:	Прогноз на 1 період:
$T37 = 171,782 + 43,855 \cdot 37 = 1794,421$	$T38 = 48,835 + 2,436 \cdot 38 = 141,415$
Значення сезонної компоненти 1: $S1 = 196,597$	Значення сезонної компоненти 1: $S2 = 12,403$
Таким чином, $F37 = T37 + S1 = 1794,421 + 196,597 = 1991,019$	Таким чином, $F38 = T38 + S2 = 141,415 + 12,403 = 153,818$
Прогноз на 2 період:	Прогноз на 2 період:
$T38 = 171,782 + 43,855 \cdot 38 = 1838,277$	$T39 = 48,835 + 2,436 \cdot 39 = 143,851$
Значення сезонної компоненти 2: $S2 = 208,066$	Значення сезонної компоненти 2: $S3 = 15,421$
Таким чином, $F38 = T38 + S2 = 1838,277 + 208,066 = 2046,343$	Таким чином, $F39 = T39 + S3 = 143,851 + 15,421 = 159,272$
Прогноз на 3 період:	Прогноз на 3 період:
$T39 = 171,782 + 43,855 \cdot 39 = 1882,132$	$T40 = 48,835 + 2,436 \cdot 40 = 146,287$
Значення сезонної компоненти 3: $S3 = 65,15$	Значення сезонної компоненти 3: $S4 = -15,423$
Таким чином, $F39 = T39 + S3 = 1882,132 + 65,15 = 1947,282$	Таким чином, $F40 = T40 + S4 = 146,287 - 15,423 = 130,865$
Прогноз на 4 період:	Прогноз на 4 період:
$T40 = 171,782 + 43,855 \cdot 40 = 1925,987$	$T41 = 48,835 + 2,436 \cdot 41 = 148,724$
Значення сезонної компоненти 4: $S4 = -297,536$	Значення сезонної компоненти 4: $S5 = -38,879$
Таким образом, $F40 = T40 + S4 = 1925,987 - 297,536 = 1628,451$	Таким образом, $F41 = T41 + S5 = 148,724 - 38,879 = 109,845$

Джерело: розраховано на основі [5]

Отже, для більшого наближення екстраполяції процесів до реальності було розраховано значення сезонної компоненти (табл. 2), а їх візуалізація наведена на рис. 2.

Відповідно до отриманих результатів динаміка ВВП України виходячи із даних 1986–2022 років має більш стабільний стан, аніж РФ (1987–2022 роки), а саме:

Україна – з 2023 по 2025 роки – стабільний рівні та 2026 рік – в 2,5 рази пришвидшення зміни стану;

РФ – 2023 та 2024 роки – стабільний рівні та 2025 рік – зменшення у 3 рази, що є свідченням наявності прихованих сезонних процесів, що мають значний вплив на динаміку ВВП.

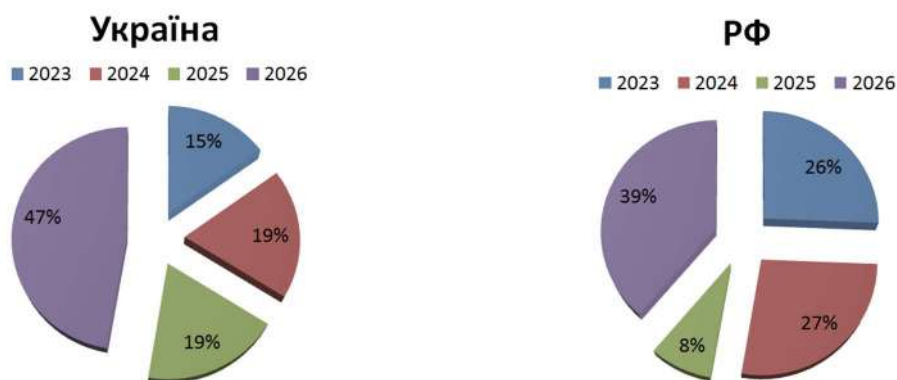


Рисунок 2 – Обсяги сезонної компоненти за 2023–2026 роки

Джерело: розраховано на основі [5]

З урахуванням адитивного моделювання доповнено табл. 3 на 2023–2026 роки. Із результатів екстраполяції можна підтвердити висновки, що за період 1987–2022 років динаміка процесів змін ВВП РФ та України є схожою (середній темп приросту ВВП

України та РФ за 1987–2022 роки майже однаковий), що свідчить про наявність можливих причинно-наслідкових зв'язків у функціонуванні та розвитку національних економік цих двох країн.

Таблиця 3 Обсяги та темпи приростів ВВП України та РФ

Роки	Україна	Темп приросту (Україна)	РФ	Темп приросту (РФ)
.....*****
2012	182,59	1,08	2208,30	1,08
2013	190,50	1,04	2292,47	1,04
2014	133,50	0,70	2059,24	0,90
2015	91,03	0,68	1363,48	0,66
2016	93,36	1,03	1276,79	0,94
2017	112,09	1,20	1574,20	1,23
2018	130,89	1,17	1657,33	1,05
2019	153,88	1,18	1693,11	1,02
2020	156,62	1,02	1489,36	0,88
2021	200,09	1,28	1778,78	1,19
2022	90,04	0,45	1511,97	0,85
2023**	153,82	1,71	1991,02	1,32
2024**	159,27	1,04	2046,34	1,03
2025**	148,72	0,93	1947,28	0,95
2026**	109,85	0,74	1628,45	0,84
Середній темп приросту (з 2023 по 2026 роки)		1,10	-	1,03
Середній темп приросту (з початку та по 2022 роки)		1,04	-	1,05

*- у таблиці не наведені наочно дані до 2012 року, хоча вони були використані під час розрахунків;

** - результати екстраполяції даних з урахуванням підходу адитивного моделювання.

Джерело: розраховано на основі [16]

Також під час дослідження було отримано результати екстраполяції даних з урахуванням поліному шостого порядку (коефіцієнт детермінації для ВВП України = 0,75, а для Росії – 0,88) [15]. Екстраполяція полінома зазвичай виконується за допомогою інтерполяції Лагранжа, або за допомогою методу кінцевих різниць Ньютона для створення ряду

Ньютона, який відповідає даним. Отриманий поліном можна використовувати для екстраполяції даних. Екстраполяція поліномом високого порядку повинна використовуватися з належною обережністю, тому що чим вище ступінь поліному тим нижча вірогідність прогнозу. Результати розрахунків наведені на рис. 3 та рис. 4.

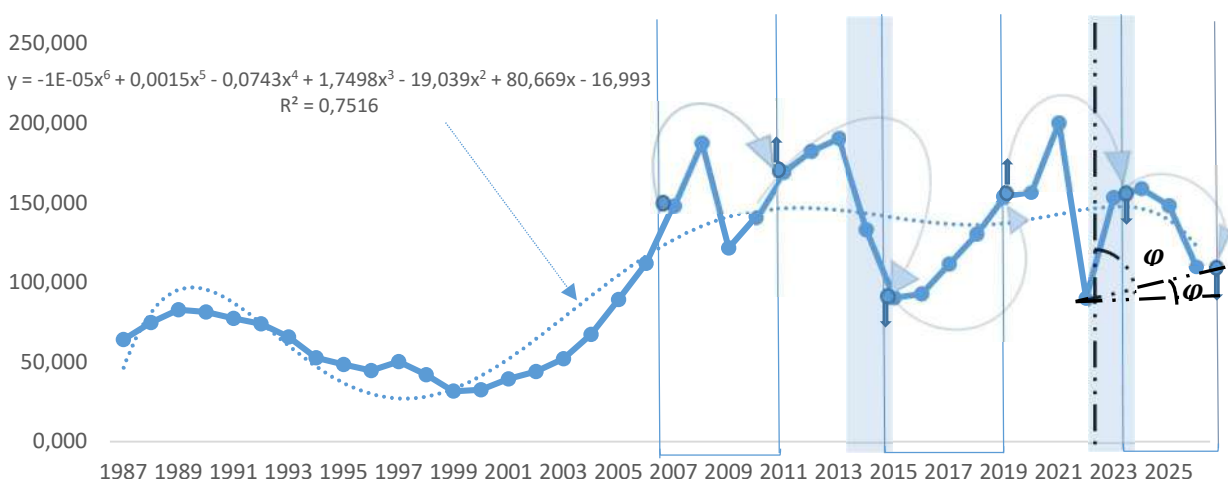


Рисунок 3 – Екстраполяція ВВП України, дол. США

Джерело: розраховано на основі [5]

Відповідно до отриманих результатів після оцінювання результатів двох розрахунків можна зробити наступні висновки:

- хоча показники ВВП України більш гостро реагували на зміни в національній економіці (більш різкі випаді із вибірки, аніж у показників РФ), але

екстраполяційні данні обох підходів мають схожу тенденцію, що є свідченням швидшого відновлення економічних процесів у середині країни;

- на рис. 4 наочно видно, що результати екстраполяції двох підходів не співпадають, що свідчить про наявність скритих процесів у національній економіці, які мають значний вплив на динаміку ВВП, в тому числі мають сезонний характер.

Тобто, аналіз динаміки процесів змін ВВП України та РФ, а також їх екстраполяція на наступні 4-ри періоди показала наявність можливого зв'язку між ними, підтвердження котрого можливо діагностувати шляхом використання інших кореляційних методів, а особливо зараз, під час бойових дій, національної

кризи, світових санкцій проти РФ, треба знаходити нові шляхи підвищення власного ВВП.

Якщо не брати до уваги цілком реальні людські жертви, війна також має серйозні економічні наслідки – пошкодження інфраструктури, скорочення працездатного населення, інфляція, дефіцит, невизначеність, зростання боргів і порушення нормальної економічної діяльності. З початку воєнних дій втрати для економіки України були руйнівними, не в останню чергу через значну шкоду, завдану інфраструктурі країни та її найпродуктивнішим галузям (за оцінками Київської школи економіки, вартість збитків від вторгнення наразі сягнула \$137,8 млрд.).

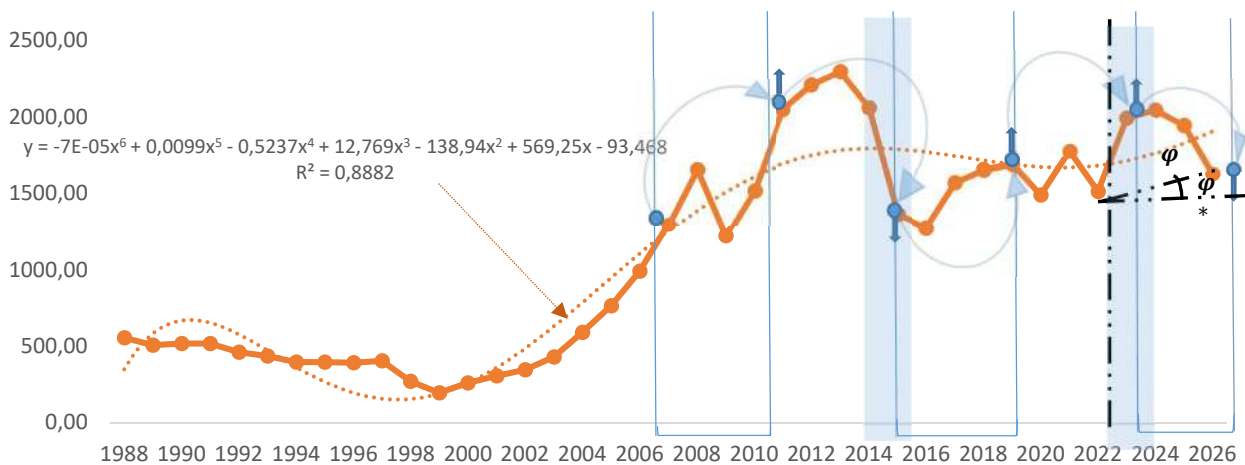


Рисунок 4 – Екстраполяція ВВП РФ, дол. США

Джерело: розраховано на основі [5]

Отже, нині постає проблема не тільки у більш реалістичному прогнозуванні даних, а й у якісному тлумаченні результатів, на кожному етапі аналізу, для визначення суті (особливостей) динаміки процесів.

Наступним етапом досліджень щодо урахування результатів адитивного моделювання під час аналізу динаміки процесів є визначення величини впливу «Е» (випадкової компоненти) адитивної моделі на результат прогнозування, на прикладі екстраполяції даних експортних операцій.

Висновки. Цілями врахування важливості результатів адитивного моделювання під час аналізу динаміки процесів є також підтримання його в бажаному, постійному стані в умовах збурень, що задовольняє мету системи та визначає можливості для його слідування бажаній траєкторії у майбутньому.

Процес планування еволюціонував протягом багатьох років від синоптичних процесів, рекомендованих і застосованих у 1960-х роках, через «логічний інкременталізм» до інноваційних і контекстуально релевантних вправ. Швидка зміна концепцій процесу та складнощі, пов'язані з визначенням і вимірюванням організаційного успіху, ускладнюють досягнення нормативних узагальнень

щодо характеристик, які роблять процеси ефективними. Тому легше проводити дослідження процесів, які є описовими, а не нормативними. Ці описові дослідження, безсумнівно, мають велику цінність. Вони пропонують ідеї та альтернативи для розробників систем, які прагнуть розробити процеси, пристосовані до окремих потреб. Тому, похідними результатами від даних екстраполяції може бути підвищення ефективності процесу (максимального використання часу та ресурсів під час процесу), результативності (забезпечення відповідності результату процесу поставленій меті), або масштабованості (удосконалення процесу, який може впоратися з очікуваним обсягом в межах наявних ресурсів).

У даній роботі авторами було наведено оцінювання результатів екстраполяції статистичних даних валового внутрішнього продукту РФ та України за підходом адитивного моделювання, а також (для порівняння) – їх прогноз за допомогою поліному шостого порядку. Виявлені закономірності у відповідних процесах обох країн, а саме:

- схожі значення у змінах середньої відсоткової помилки, середньої абсолютної відсоткової помилки,

коефіцієнту детермінації та результатів перевірки адекватності моделі свідчать щодо пов'язаності процесів відповідної динаміки у РФ та України;

- визначена величина сезонної компоненти змін динаміки валового внутрішнього продукту країн на 2023–2026 роки свідчить про наявність скритих сезонних процесів, що наявні у показниках РФ та важливі їх для врахування для розуміння суті внутрішніх процесів, що впливають на досліджуваний показник;

- порівняння результатів прогнозування здійснених за допомогою поліному шостого порядку та адитивного моделювання дає можливість визначити стійкість процесів та на прикладі України

розкриває питання наявності скритих процесів, що підтримують позитивну динаміку в середині системи.

Практична цінність даної роботи полягає у донесенні до науковців розуміння того, що під час використання методів прогнозування (в тому числі й адитивного моделювання) результатами є: по-перше, не тільки дані екстраполяції, отримані під час використання методу, а й, по-друге, аналіз проміжних результатів використання підходу (в даному випадку – розмір сезонної компоненти; оцінювання середньої відсоткової та абсолютної помилок, коефіцієнту детермінації та результатів перевірки адекватності моделі; виявлення наявності скритих процесів, що впливають на динаміку даних).

Література:

1. Friedman J. H., Stuetzle W. Projection Pursuit Regression. *Journal of the American Statistical Association*. 1981. № 76. С. 817-823.
2. Рощко Н. Б. Прогнозування доходів туристичних підприємств на основі адитивного моделювання. *Вчені записки університету КРОК. Серія: Економіка*. 2013. № 34. С. 292-300.
3. Мазуренко В. П., Кондратчук К. С. Моделювання динаміки процесів злиття і поглинання у світогосподарському просторі (на прикладі європейських країн). *Actual Problems of International Relations*. 2011. № 1. С.100-120.
4. Добуляк Л. П., Костенко С. Б. Використання трендових моделей для дослідження тенденцій розвитку малого підприємництва в Україні. Монографія. Ужгород : Гельветика, 2019. 480 с.
5. Бідюк П. І. Ймовірно-статистичні методи моделювання і прогнозування. Монографія. Миколаїв: ЧДУ ім. Петра Могили, 2014. 440 с.
6. Лукашин Ю. П. Адаптивні методи краткосрочного прогнозування временних рядов. *Финансы и статистика*. 2003. 414 с.
7. Дороженко Л. І. Сутність оптимізації витрат із застосуванням економіко-математичних методів. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: «Економічні науки»*. 2014. С. 228-231.
8. Chumachenko D. I., Chumachenko T.O. Mathematical models and methods of epidemic processes forecasting: monograph. 2020. 180 p.
9. Глушков О. В. Розвиток та застосування кібернетичної методів до дослідження динаміки ієрархічних хаотичних процесів у квантових, інформаційних та геофізичних системах. Звіт про НДР. Одеса, 2015. URL: http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2149/1/Zvit_K_Glushkov_0111U005226_2015.PDF (дата звернення: 30.03.2023).
10. Ревуцька Л. О., Бідюк П. І. Математичне моделювання і прогнозування нелінійних нестационарних процесів в економіці та фінансах. *Проблеми інформатизації: матеріали VIII міжнародної наук.-техн. конф.* (Черкаси, 26-27 листопада 2020 р.). Черкаси, 2020. С. 21-22.
11. Полохова І. М. Макроекономічне прогнозування показників реального ВВП України. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2014. № 4 (78). С. 18-25.
12. Пестовська З. С. Методи прогнозування економічних показників: макро-та мікрорівні. *Європейський вектор економічного розвитку*. 2011. № 5. С. 151-157.
13. Hastie T. J., Tibshirani, R. J. Generalized Additive Models: monograph. New York: Chapman & Hall. 1990. 385 p.
14. Stone C. J. Additive Regression and Other Nonparametric Models. *Annals of Statistics*. 1985. № 13. P. 689–705.
15. Палагін В. В., Івченко О. В. Адаптація методу максимізації полінома для оцінки параметрів випадкових величин за статистично залежною вибіркою. *Системи обробки інформації*. 2009. № 2. С. 118-123.
16. World Development Indicators (2022). URL: https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&country_ (дата звернення: 30.03.2023).

References:

1. Friedman, J. & Stuetzle, W. (1981). Projection Pursuit Regression. *Journal of the American Statistical Association*, 76, 817-823 [in English].
2. Roshko, N. B. (2013). Forecasting the income of tourist enterprises based on additive modeling. *Vcheni zapysky universytetu KROK. Seriya: Ekonomika*, 34, 292-300 [in Ukrainian].
3. Mazurenko, V. P. & Kondratchuk, K. S. (2011). Modeling the dynamics of mergers and acquisitions in the world economy (on the example of European countries). *Actual Problems of International Relations*, 1, 100-120 [in Ukrainian].
4. Dobulyak, L. P. & Kostenko, S. B. (2019). *Vykorystannya trendovykh modeley dlya doslidzhennya tendentsiy rozvytku maloho pidpryyemnytstva v Ukraini*. Uzhhorod : Helvetyka [in Ukrainian].
5. Bidyuk, P. I. (2014). *Ymovirnisno-statystychni metody modelyuvannya i prohnozuvannya*. Mykolayiv, ChDY im. Petra Mohyly [in Ukrainian].
6. Lukashyn, Y. P. (2003). *Adaptyvnye metody kratkosrochnoho prohnozyrovannya vremennykh ryadov*. *Fynansy i statystyka* [in Ukrainian].
7. Dorozhenko, L. I. (2014). The essence of cost optimization using economic and mathematical methods. *Naukovyy visnyk Khersons'koho derzhavnoho universytetu. Seriya: «Ekonomiczni nauky»*, 228-231 [in Ukrainian].
8. Chumachenko, D. I. & Chumachenko, T.O. (2020). Mathematical models and methods of epidemic processes forecasting [in English].

9. Hlushkov, O. V. (2015). Development and application of cybernetic methods to study the dynamics of hierarchical chaotic processes in quantum, informative and geophysical systems. Odessa. Retrieved from http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2149/1/Zvit_K_Glushkov_0111U005226_2015.PDF [in Ukrainian].
10. Revuts'ka, L. O. & Bidyuk, P. I. (2020). Mathematical modeling and forecasting of non-linear non-stationary processes in economics and finance. *Problemy informatyzatsiyi: materialy VIII mizhnarodnoyi nauk.-tekhn. konf. Cherkasy*, 21 [in Ukrainian].
11. Polokhova, I. M. (2014). Macroeconomic forecasting of Ukraine's real GDP indicators. *Visnyk Kyivivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu*, 4 (78), 18-25 [in Ukrainian].
12. Pestovs'ka, Z. S. (2011). Methods of forecasting economic indicators: macro and micro levels. *Yevropeys'kyy vektor ekonomichnoho rozvytku*, 5, 151-157 [in Ukrainian].
13. Hastie, T. J. & Tibshirani, R. J. (1990). Generalized Additive Models. New York: Chapman & Hall [in English].
14. Stone, C. J. (1985). *Additive Regression and Other Nonparametric Models*. *Annals of Statistics*, 13, 689–705 [in English].
15. Palahin, V. V. & Ivchenko, O. V. (2009). Adaptation of the polynomial maximization method for estimating the parameters of random variables using a statistically dependent sample. *Systemy obrobky informatsiyi*, 2, 118-123 [in Ukrainian].
16. World Development Indicators (2022). Retrieved from <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&country> [in English].



Ця робота ліцензована Creative Commons Attribution 4.0 International License