

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2025. № 6.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.6.11>

УДК 33.338.27

I. О. Сєвідова,

*д. е. н, професор, завідувач кафедри соціальних та економічних дисциплін
навчально-наукового інституту №2,*

Харківський національний університет внутрішніх справ

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3703-4610>

С. В. Руденко,

*к. е. н, доцент, доцент кафедри соціальних та економічних дисциплін
навчально-наукового інституту №2,*

Харківський національний університет внутрішніх справ

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2874-1957>

ЕКОНОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ В СИСТЕМІ ФІНАНСОВОГО ПЛАНУВАННЯ ТА БЮДЖЕТУВАННЯ

I. Sievidova,

*Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Social and
Economic Disciplines, Faculty №2,*

Kharkiv National University of Internal Affairs

S. Rudenko,

*PhD in Economics, Associate Professor, Department of Social and Economic
Disciplines, Faculty №2, Kharkiv National University of Internal Affairs*

ECONOMETRIC METHODS IN THE FINANCIAL PLANNING AND BUDGETING SYSTEM

У статті представлено сучасний стан та перспективи застосування економетричних методів у бюджетному та фінансовому прогнозуванні в умовах динамічних макроекономічних змін і глобальних викликів. В умовах складної економічної ситуації та порушень глобальних ланцюгів постачання класичні підходи до бюджетного планування втрачають свою точність і ефективність, що визначає потребу впровадження інноваційних аналітичних інструментів на основі великих даних та методів штучного інтелекту.

Визначено проблемні питання впровадження економетрії в бюджетну практику, зокрема інституційну інерцію, проблеми якості даних і ризики перенавчання моделей, та запропоновано шляхи їх подолання через інвестиції в інфраструктуру даних, створення аналітичних центрів експертизи і стандартизацію процедур валідації моделей.

Зроблено висновки про роль економетрії як критично важливого інструменту для підвищення аналітичної спроможності фінансової системи, оптимізації розподілу ресурсів, управління державним боргом і адаптивного бюджетного планування. У контексті України такі підходи мають потенціал сприяти прозорості, ефективності та антикризовості фінансової політики, що є особливо актуальним у період війни та відновлення економіки.

The article presents the current state and prospects for the application of econometric methods in budgetary and financial forecasting amid dynamic macroeconomic changes and global challenges. In the context of a complex economic environment and disruptions in global supply chains, classical approaches to budget planning lose their accuracy and effectiveness, thereby necessitating the implementation of innovative analytical tools based on big data and artificial intelligence methods.

The principles for the integrated use of three key econometric directions are systematized: modeling economic agent behavior through simulation

modeling and cognitive technologies; constructing multidimensional time series considering their spatial and temporal structure; and applying robust parameter estimation methods that counteract statistical distortions (heteroscedasticity, multicollinearity, etc.).

Contemporary machine learning algorithms (Random Forest, XGBoost) that enhance the accuracy and adaptability of budget forecasting models are examined, along with model interpretation techniques (SHAP, LIME) that ensure the comprehensibility of results for non-expert users. The conducted research established that modern econometric methods, integrating big data analysis and artificial intelligence algorithms, significantly improve the accuracy and adaptability of budget forecasting under conditions of high economic uncertainty. The use of multidimensional time series with spatial structure considerations and robust parameter estimation methods effectively mitigates the impact of statistical distortions and ensures model stability. Regime-switching models (Markov-switching) enable the incorporation of cyclical economic processes and the development of flexible budget management strategies. Additionally, the effectiveness of scenario analysis using fan charts is highlighted, which visualize forecast uncertainty levels and facilitate transparent communication with the public and political institutions.

The article identifies challenges in implementing econometrics in budgetary practice, including institutional inertia, data quality issues, and risks of model overfitting, and proposes ways to overcome these through investments in data infrastructure, the establishment of analytical expertise centers, and the standardization of model validation procedures.

Conclusions are drawn regarding the role of econometrics as a critically important tool for enhancing the analytical capacity of the financial system, optimizing resource allocation, managing public debt, and adaptive budget planning. In the context of Ukraine, such approaches hold potential to promote transparency, efficiency, and crisis resilience in financial policy, which is especially relevant during periods of war and economic recovery.

Ключові слова: *економетрія, управління, фінансовий прогноз, тенденції, адаптивність, економічна нестабільність.*

Keywords: *econometrics, managerial decisions, financial forecasting, trends, adaptability, economic instability.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасні економіки функціонують у середовищі, яке характеризується швидкими змінами макроекономічних показників, порушенням глобальних логістичних ланцюгів і складними міжсекторними взаємозв'язками. За таких умов класичні підходи до бюджетного прогнозування дедалі частіше демонструють низьку точність, що знижує ефективність управлінських рішень. Відтак, виникає нагальна потреба у впровадженні новітніх аналітичних інструментів, що базуються на великих даних та штучному інтелекті, для підвищення адаптивності бюджетного планування. Крім того, важливо враховувати мультидисциплінарні підходи, які дозволяють інтегрувати економічні, соціальні та екологічні фактори в процес прийняття рішень. З огляду на це, актуальною проблемою є визначення а дослідження основних можливостей використання економетричних методів, які поєднують роботу з великими обсягами даних та використання потужних алгоритмів обробки та відкривають нові можливості для формування більш точних і адаптивних фінансових стратегій. Лише через комплексний аналіз та гнучке реагування можна забезпечити стабільний розвиток економіки в умовах невизначеності та глобальних викликів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В наукових працях як вітчизняних, так і зарубіжних фахівців підхід економетрії до бюджетного планування базується на трьох ключових елементах.

Перший – це моделювання економічної поведінки агентів на основі кількісно підтверджених закономірностей, що забезпечують об'єктивну основу для прийняття рішень [1]. Відсутність повної достовірної інформації

про слабо структуровану систему взаємозв'язків між її елементами та факторних взаємовпливів, складність проведення їх кількісного та якісного оцінювання, неточність отриманих результатів потребують їх дослідження за допомогою імітаційного моделювання. Імітаційне моделювання, будучи одним з універсальних методів науково-дослідницького характеру пізнання, вивчення тих чи інших явищ та процесів, зокрема регіонального рівня, націлене на формування детальної характеристики альтернатив їхнього подальшого розвитку, що графічно відображається у складанні когнітивних карт досліджуваних систем. Застосування когнітивних технологій дослідження та сценарного аналізу дозволяє виявити, які ж параметри системи слід стимулювати та удосконалювати для отримання найбільш позитивного результату функціонування усієї системи [2].

Другий – створення якісної та репрезентативної бази даних, у якій враховано як структурні особливості досліджуваних процесів, так і їхню циклічність у часі [3].

Багатомірні багатовимірні часові ряди є складними через залежну та багатовимірну природу даних, але в багатьох моделях аналізу існує додаткова структура, яку можна використати для скорочення часу обчислення разом зі статистичною похибкою. Це високовимірні векторні авторегресійні процеси з просторовою структурою, простою і поширеною формою додаткової структури [4].

Розробка нових алгоритмів аналізу часових рядів на основі штучного інтелекту, що можуть враховувати специфічні вимоги та особливості певних доменів або типів даних, нові підходи до використання та комбінування різних технік машинного навчання для покращення точності моделей та їх здатності адаптуватись до реальних умов може призвести до покращення точності прогнозування часових рядів. Це має суттєве значення для промисловості, фінансів, сфери обслуговування та інших галузей, де точні прогнози грають важливу роль у прийнятті рішень [5].

Третій – застосування методів робастного оцінювання параметрів, які дозволяють протидіяти впливу статистичних викривлень, таких як гетероскедастичність, мультиколінеарність і відхилення від нормальних припущень класичної регресії [6].

Дослідники пропонують багатовимірні методи, які використовують переваги такої структури, не роблячи модельних припущення неасимптотичні межі статистичної похибки оцінювачів параметрів у налаштуваннях високої розмірності. показуючи, що запропонований підхід зменшує статистичну похибку [7, 8].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Комплексне поєднання економетричних методів – від моделей поведінки до перевірених інструментів оцінки – дозволяє створити аналітичний апарат, здатний не лише описати минулі тенденції, а й генерувати обґрунтовані прогнози, необхідні для ефективного управління державними та корпоративними фінансами. Метою статті є узагальнення та оцінка потенціалу сучасних економетричних підходів з використанням великих даних і передових алгоритмів для удосконалення процесів фінансового та бюджетного прогнозування.

Виклад основного матеріалу дослідження. На початковому етапі, який передбачає постановку задачі, фахівці, відповідальні за бюджетне планування, мають чітко визначити об'єкт прогнозування. Це може стосуватися, зокрема, динаміки податкових надходжень, структури видатків за програмно-цільовим підходом, обсягів державного боргу чи вартості фінансування запозичень. Після формулювання мети наступним кроком є побудова концептуальної моделі, що адекватно відображає економічну логіку досліджуваного явища або процесу. Саме на цьому етапі вступає в дію економетричний інструментарій: він дозволяє обґрунтовано обрати тип моделі – лінійну, логлінійну, панельну чи VECM (модель векторної корекції помилки) – залежно від характеристик часових рядів і структури даних.

Практичне застосування економетричного моделювання можливе шляхом впровадження економетричних інструментів у сфері фінансового планування, бюджетного планування, оподаткування, управління державним боргом і ризиками (Табл. 1).

Таблиця 1. Економетричні інструменти державного фінансового управління

Сфера застосування	Модель/Метод	Результат/ефект
Прогноз надходжень ПДВ	ARIMA-X на основі даних з POS-терміналів	Оновлення прогнозів у реальному часі
Оцінка дефіциту бюджету	VECM з лагами політичного циклу	Багатосценарне планування витрат
Визначення вартості капіталу	GARCH-in-mean для корпоративного cash flow	Обґрунтування дисконтної ставки
Оцінка кредитних ризиків	Random Forest / XGBoost для податкової дисципліни	Прогноз недонадходжень та ризиків дефолту
Моніторинг виконання бюджету	State-Space + Kalman Filter	Сигналізація про перевищення граничних параметрів

Джерело: сформовано на основі [1; 3; 6].

Другий етап – формування інформаційної бази. Для побудови надійного прогнозу критично важливими є такі властивості даних, як неупередженість, своєчасність та високий рівень деталізації (гранулярність). У системі бюджетного управління зростає роль даних високої частоти – таких як оперативна фіскальна звітність, податкові транзакції в режимі реального часу, сигнали з логістичних систем на основі GPS. На практиці ці багатомірні методи можна використовувати для включення таких джерел до економетричних моделей наповнює їх актуальною інформацією, дозволяє адаптуватися до швидких змін економічного середовища та значно скорочує лаг реагування бюджетної системи на коливання кон’юнктури.

На третьому етапі – оцінювання параметрів і перевірка моделі – ключовим завданням є побудова точної та стабільної специфікації. Серед методів, які зарекомендували себе в бюджетному та фінансовому моделюванні, варто виокремити байєсівську регресію, LASSO-алгоритми для автоматизованого відбору змінних, а також методи градієнтного бустингу,

які особливо ефективні у випадках складних, нелінійних взаємозв'язків. Не менш важливим є етап валідації моделі – зокрема, перевірка залишків на автокореляцію за допомогою критерію Дарбіна–Ватсона (DW), оцінка стабільності параметрів через CUSUM-тест, а також виявлення потенційних структурних зламів із використанням критерію Чоу (Chow test). Для фінансових моделей, які мають справу з частими змінними режимами або зсувами у динаміці процесів, доцільно використовувати підходи типу Markov-switching, що дозволяють моделювати переходи між різними економічними станами системи.

Такий підхід є потужним інструментом для аналізу та прогнозування складних економічних процесів із нерівноважними станами, що часто зустрічаються у державному плануванні. Основна перевага Markov-switching полягає у здатності враховувати переключення між різними режимами економічної діяльності, наприклад, фазами зростання та спаду, що дозволяє більш точно моделювати макроекономічні коливання. У державному плануванні ця модель застосовується для прогнозування бюджетних надходжень, податкових надходжень та витрат, враховуючи можливі кризові періоди або шоки.

Використання Markov-switching дозволяє розробляти адаптивні політики, які змінюються залежно від економічного стану, що підвищує ефективність управління ресурсами. Методи оцінки моделі включають максимізацію правдоподібності з урахуванням прихованих режимів, що забезпечує надійність прогнозів навіть у нестабільних умовах. Таким чином, Markov-switching є важливим інструментом для побудови гнучких стратегій державного регулювання економіки [9].

Інтеграція економетричного інструментарію в процес циклічного бюджетування змінює саму архітектуру бюджетного циклу, зокрема – логіку формування доходів і витрат. На стадії прогнозування дохідної частини бюджету використання моделей ARIMA-X, здатних враховувати вплив зовнішніх шоків (зокрема зміну цін на енергоресурси, валютні

коливання тощо), дає змогу більш точно оцінити податковий потенціал у середньостроковій перспективі. Це дозволяє адаптувати прогноз до зовнішніх змін ще до моменту їхнього фактичного впливу на економіку.

Під час планування витрат особливу цінність мають SURE-моделі (системи на вигляд не пов'язаних регресій), які дозволяють одночасно оцінити взаємозалежні бюджетні програми. Такий підхід дає змогу ідентифікувати крос-ефекти між окремими напрямками фінансування, знижуючи ймовірність перекосів у розподілі ресурсів і недофінансування ключових секторів. У результаті бюджетне планування набуває більш системного, взаємопов'язаного характеру, що відповідає сучасним вимогам до стратегічного управління публічними фінансами.

Економетричні інструменти виявляють особливу ефективність у межах сценарного аналізу, який дедалі активніше використовується в системі публічних фінансів. Одним із показових прикладів є методика побудови так званих «віялоподібних графіків» (Fan Charts), яка бере свій початок із практики монетарного прогнозування Банку Англії. Сьогодні цей підхід знаходить практичне застосування в роботі казначейств різних країн для графічного представлення невизначеності бюджетних прогнозів.

Fan Chart є зручним інструментом комунікації із зацікавленими сторонами: парламентом, донорами, громадськістю, оскільки поєднує наочність і глибину аналітики. Такий формат подання дозволяє оцінити рівень невизначеності бюджетних прогнозів та приймати рішення з урахуванням спектру потенційних ризиків.

Для візуалізації прогнозу державного боргу в середньостроковій перспективі побудовано віялоподібного графіка. Модель сценарію розвитку подій охоплює діапазон можливих відхилень у разі реалізації оптимістичного або песимістичного сценаріїв:

$$f(x) = 0,35x^3 - 5,1x^2 + 26,5x + 55$$

Прогнозна модель демонструє прогноз державного боргу України як частки ВВП у середньостроковому періоді 2025–2029 років (Рис.1).

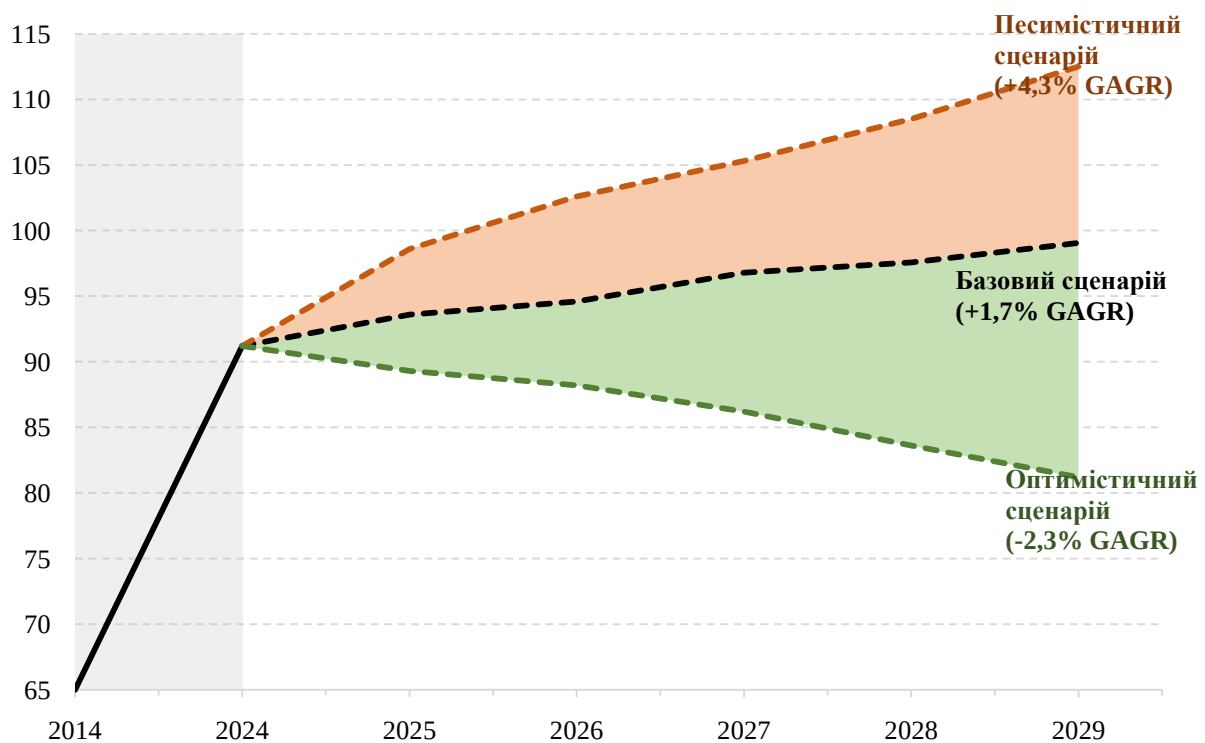


Рис. 1. Прогноз боргового навантаження на 2014-2029 роки, % ВВП

Джерело: Систематизовано та узагальнено за даними [10-12].

Як видно з графіку, у 2025 році прогнозований державний борг коливається в межах від 89,3% до 98,6% ВВП. У 2029 році розрив між сценаріями зростає до 31,3 відсоткових пунктів, що вказує на зростання невизначеності у довгостроковій перспективі. Подібний аналіз дозволяє уряду заздалегідь реагувати на можливі ризики та обґрунтовано планувати обсяг запозичень, а також гнучко формувати фіскальну політику. Прогнозна модель візуалізує невизначеність бюджетного прогнозу в різних сценаріях. Такий формат активно застосовується в монетарній та фіскальній політиці (зокрема, Банком Англії) і впроваджується для сценарного бюджетного планування в низці країн. Оптимістичний сценарій передбачає реалізацію сприятливих зовнішніх умов (зростання ВВП, стабільний валютний курс, помірна інфляція). Песимістичний сценарій відображає несприятливі події – шоки на енергетичному ринку, зростання облікової ставки, падіння експорту.

Це може бути використано Міністерством фінансів України для багатосценарного планування держборгу, адже візуалізація допомагає

комунікувати ризики до парламенту, інвесторів та міжнародних партнерів. Методика є особливо цінною при розробці макропрогнозів у рамках середньострокової бюджетної декларації (СБД).

Поєднання методів вибіркового повторного аналізу (bootstrap) і симуляцій Монте-Карло забезпечує формування розподілу можливих сценаріїв розвитку ключових бюджетних параметрів, таких як дефіцит державного бюджету або обсяг боргових зобов'язань. Це дозволяє урядовцям оцінювати ширину та ймовірність варіантів майбутнього ще до затвердження фінансового плану, що підвищує гнучкість та обґрунтованість бюджетних рішень у нестабільному економічному середовищі.

У сфері корпоративного фінансового планування економетрія істотно посилює процес побудови бюджетів руху грошових коштів (cash-flow budgeting), надаючи управлінцям засоби для точнішого моделювання доходів, витрат і ризиків. Зокрема, застосування моделей GARCH-in-mean, що враховують взаємозв'язок між волатильністю доходів і очікуваною дохідністю, дає змогу точніше оцінити вартість капіталу. Це, своєю чергою, дозволяє визначати обґрунтовані дисконтні ставки для оцінювання інвестиційних проєктів.

У поєднанні з VAR-моделюванням менеджмент отримує аналітичний інструмент для побудови сценаріїв шокового впливу зовнішніх факторів. У рамках регресії та VAR природним наступним кроком є розробка асимптотичної теорії для розрідженої оцінки нелінійних процесів з довгою пам'яттю та нестационарних процесів із, можливо, важкими хвостами розподілу. Існуючі методи в основному зосереджені на оцінці матриці точності, але цей підхід не в змозі охопити повну залежність умовної незалежності між кількома часовими рядами, ігноруючи залежності з відставанням. Моделювання в частотній області, включаючи оцінку спектральної щільності та її обернення, може потенційно подолати ці обмеження [13].

Наприклад, підвищення облікової ставки миттєво впливає на вартість обслуговування боргу, а стрибок інфляції – на витрати на сировину та

операційні витрати. Такий підхід формує основу для чутливого та проактивного фінансового управління.

Окрему увагу слід приділити використанню методів машинного навчання у фіскальному прогнозуванні. Алгоритми Random Forest і XGBoost демонструють високу передбачувальну здатність щодо таких критичних змінних, як рівень податкової дисципліни та ймовірність податкових недонадходжень. Проте у випадках бюджетного планування ключову роль відіграє не лише точність прогнозу, а й пояснювальна здатність моделі – її зрозумілість для нефахових користувачів, таких як аудитори, регулятори чи законодавці. Для цього використовуються інструменти інтерпретації моделей, зокрема метрики SHAP і LIME, які «розшифровують» механіку моделей і дозволяють обґрунтувати причинно-наслідкові зв'язки між вхідними змінними та результатами.

Інтеграція економетрії також критично важлива на етапі моніторингу виконання бюджету. Використання моделей у форматі State-Space у поєднанні з фільтром Кальмана дає змогу у режимі реального часу оцінювати відхилення фактичних фінансових показників від прогнозованих траєкторій. Такі технології своєчасно сигналізують про ризики перевищення запланованого дефіциту або відставання у надходженнях. Подібні інструменти дедалі частіше використовуються і в приватному секторі – зокрема, фінансовими директорами для щотижневого відстеження ліквідності, управління ризиками та адаптації касових планів до реальної динаміки.

Разом із тим, процес запровадження економетрії в бюджетні практики стикається з низкою системних викликів. По-перше, це інституційна інерція: традиційні бюджетні структури часто не мають у штаті фахівців з достатнім рівнем аналітичних і програмних компетентностей. По-друге, проблеми якості вхідних даних – зокрема, вплив тіньової економіки, розрахунки готівкою, фрагментарна або несвоєчасна звітність – обмежують точність оцінок. І нарешті, по-третє, – ризик перенавчання моделей (overfitting), коли

складна модель ідеально описує минулі дані, але втрачає здатність до точного прогнозування в нових умовах.

Для подолання наявних бар'єрів на шляху інтеграції економетричних методів у бюджетне та фінансове управління необхідно здійснити низку системних кроків. Насамперед ідеться про інвестування в розбудову інфраструктури управління даними (data governance) – стандартизацію джерел, забезпечення якості, прозорості та доступності даних для аналітиків. Важливо також створити незалежні центри аналітичної експертизи при міністерствах фінансів, державних агентствах і корпоративних структурах, які б володіли компетенціями в галузі економетрії, машинного навчання та сучасної обробки даних.

Одночасно доцільним є розроблення єдиного стандарту валідації моделей, подібного до підходів, застосованих у банківському регулюванні (наприклад, Basel II). Такий стандарт забезпечить порівнюваність, реплікованість та прозорість результатів прогнозування й моделювання в бюджетному процесі.

Окрім стратегічних ініціатив, особливу роль відіграють пілотні проекти, які демонструють так звані швидкі перемоги (*quick wins*) і тим самим знижують опір змінам. Наприклад, можна реалізувати економетричний модуль, який щоквартально оновлює прогноз надходжень ПДВ на основі агрегованих даних з POS-терміналів. Така модель матиме як аналітичну, так і управлінську цінність, оскільки дозволяє реагувати на зміни поведінки споживачів у режимі майже реального часу, а також підвищити точність короткострокового бюджетного планування.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі. У контексті України економетрія виступає як міст між економічною теорією, даними й практикою ухвалення стратегічних рішень, зміцнюючи аналітичну спроможність фінансової системи загалом.

Практичне впровадження економетричного моделювання в державному управлінні відкриває значний потенціал для підвищення ефективності розподілу бюджетних ресурсів, управління борговим навантаженням і прогнозування податкових надходжень. Використання моделей часових рядів (ARIMA, VAR, VECM) дозволяє передбачати динаміку макрофінансових показників, таких як дефіцит бюджету чи рівень запозичень, на основі поточних тенденцій інфляції, імпорту, валютного курсу. Крім того, використання економетрії в державному борговому управлінні (наприклад, через моделі Markov-switching або GARCH) дозволяє оцінювати сценарії обслуговування боргу з урахуванням ринкових змін та розробляти оптимальні стратегії запозичень. У сфері державних закупівель та витрат розвитку можлива побудова моделей оцінки ефективності бюджетних програм з урахуванням регіональної специфіки, що сприяє об'єктивному обґрунтуванню розподілу субвенцій та дотацій. У разі створення централізованих фінансових data-warehouse, у поєднанні з автоматизованими економетричними модулями, можна забезпечити оцінку сценаріїв фінансової стійкості територіальних громад або державних підприємств. Окремим напрямом є застосування робастного прогнозування в кризових умовах – наприклад, для оцінки потенційного падіння надходжень у разі зовнішнього шоку (зміни цін на енергоносії, перебоїв у торгівлі тощо).

Таким чином, в умовах обмежених ресурсів, викликів війни та повоєнного відновлення, економетричне моделювання може стати критичним елементом для побудови прозорості, ефективної й антикризової фінансової політики України, що базується на даних, довірі та сучасній аналітичній культурі.

Література

1. Wiese S., Kaszowska-Mojša J., Dyer J., Moran J., Pangallo M., Lafond F., Muellbauer J., Calinescu A., Farmer J. D. Forecasting macroeconomic dynamics using a calibrated data-driven agent-based model. *arXiv*, 2024. 18760v1. URL:

<https://arxiv.org/abs/2409.18760> (дата звернення: 02.05.2025). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.18760>

2. Реутов В. Є. Сценарне моделювання регіонального розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*, 2010. № 5. С. 29-35.

3. Medeiros M. C., Mendes E. F. Econometrics of machine learning methods in economic forecasting. *arXiv*, 2022. 10993v1. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.10993> (дата звернення: 02.05.2025). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.10993>

4. Boesch K., Ziegelmann F. A. Machine learning methods and time series: A thorough forecasting study via simulation and USA inflation analysis. *Computational Economics*, 2024. 64, vol. 1. P. 1-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10675-5>

5. Шаповалова Н., Доценко І., Трачук А., Скринніков І. Застосування засобів штучного інтелекту для аналізу часових рядів. *Вісник Криворізького національного університету*, 2024. № 58(1). С. 46-51. DOI: <https://doi.org/10.31721/2306-5451-2024-1-58-46-52>

6. Dong C., Gao J., Peng B., Tu Y. Multiple-index nonstationary time series models: Robust estimation theory and practice. *arXiv*, 2021. 02023v1. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.02023> (дата звернення: 02.05.2025). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.02023>

7. Clark D., Handcock M. Causal inference over stochastic networks. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 2024. vol. 187(3), P. 772-795. DOI: <https://doi.org/10.1093/jrssa/qnae001>

8. Schweinberger M., Babkin S., Ensor K. B. High-Dimensional Multivariate Time Series With Additional Structure. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 2017. 26, vol. 3. P. 610-622. DOI: <https://doi.org/10.1080/10618600.2016.1265528>

9. Wang J., Ma F., Liang C., Chen Z. Volatility forecasting revisited using Markov-switching with time-varying probability transition. *International Journal*

of Finance & Economics, 2020. vol. 27. P. 1387-1400. DOI: <https://doi.org/10.1002/ijfe.2221>

10. Міністерство фінансів України. Державний борг України. 2024. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/debtgov/> (дата звернення: 04.05.2025).

11. Романовська Ю., Смоляр Л. Аналіз державного боргу України в умовах війни. *Економіка та суспільство*, 2024. № 62. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3977> (дата звернення: 04.05.2025) DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-106>

12. Подаков Є. С. Державний борг України 2024: сучасний стан та вплив на економіку країни. *Трансформаційна економіка*, 2025. № 4 (09). С. 32-35. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2024-9-5>

13. Basu S., Matteson D. S. A survey of estimation methods for sparse high-dimensional time series models. *arXiv*, 2021. 14754v1. URL: <https://arxiv.org/abs/2107.14754> (дата звернення: 02.05.2025). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.14754>

References

1. Wiese, S. Kaszowska-Mojša, J. Dyer, J. Moran, J. Pangallo, M. Lafond, F. Muellbauer, J. Calinescu, A. and Farmer, J.D. (2024), “Forecasting macroeconomic dynamics using a calibrated data-driven agent-based model”, *arXiv*, vol. 18760. available at: <https://arxiv.org/abs/2409.18760> (Accessed 02 May 2025).

2. Reutov, V.Ye. (2010), “Scenario modeling of regional development”, *Investytsii: praktyka ta dosvid*, vol. 5, pp. 29-35.

3. Medeiros, M.C. and Mendes, E.F. (2022), “Econometrics of machine learning methods in economic forecasting”, *arXiv*, vol. 10993. available at: <https://arxiv.org/abs/2308.10993> (Accessed 02 May 2025).

4. Boesch, K. and Ziegelmann, F.A. (2024), “Machine learning methods and time series: A thorough forecasting study via simulation and USA inflation analysis”, *Computational Economics*, vol. 64 (1), pp. 1-32.

5. Shapovalova, N. Dotsenko, I. Trachuk, A. and Skrynnikov, I. (2024), “Applying artificial intelligence tools to time series analysis”, *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu*, vol. 58 (1), pp. 46-51.
6. Dong, C. Gao, J. Peng, B. and Tu, Y. (2021), “Multiple-index nonstationary time series models: Robust estimation theory and practice”, *arXiv*, vol. 02023. available at: <https://arxiv.org/abs/2111.02023> (Accessed 02 May 2025).
7. Clark, D. and Handcock, M. (2024), “Causal inference over stochastic networks”, *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, vol. 187 (3), pp. 772-795.
8. Schweinberger, M. Babkin, S. and Ensor, K.B. (2017), “High-Dimensional Multivariate Time Series With Additional Structure”, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, vol. 26(3), pp. 610-622.
9. Wang, J. Ma, F. Liang, C. and Chen, Z. (2020), “Volatility forecasting revisited using Markov-switching with time-varying probability transition”, *International Journal of Finance & Economics*, vol. 27, pp. 1387-1400.
10. Minfin Media (2024), “Public Debt of Ukraine”, available at: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/debtgov/> (Accessed 04 May 2025).
11. Romanovska, Yu. and Smoliar, L. (2024), “Analysis of Public Debt of Ukraine in War Conditions”, *Ekonomika ta suspilstvo*, [Online], vol. 62, available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3977> (Accessed 04 May 2025).
12. Podakov, Ye.S. (2025), “Public Debt of Ukraine 2024: Current State and Impact on the Country’s Economy”, *Transformatsiina ekonomika*, vol. 4(09), pp. 32-35.
13. Basu, S. and Matteson, D.S. (2021). “A survey of estimation methods for sparse high-dimensional time series models”, *arXiv*, vol. 14754. available at: <https://arxiv.org/abs/2107.14754> (Accessed 02 May 2025).

Стаття надійшла до редакції 09.06.2025 р.