

УДК 330.43; 338.2

JEL Classification: C51, C53, F31

Дмитро Семенюк

(здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, Національний транспортний університет)

ORCID ID 0009-0001-2966-2759

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕКТОРНИХ АВТОРЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ

У статті здійснено комплексний аналіз та оцінювання ефективності застосування векторних авторегресійних моделей для моделювання та прогнозування макроекономічних процесів в Україні. Обґрунтовано, що в умовах високого рівня невизначеності та структурних трансформацій традиційні економетричні підходи часто мають обмежену здатність до врахування складних взаємозв'язків, що знижує точність прогнозів. Натомість використання векторних авторегресійних моделей дозволяє досліджувати динамічні взаємозалежності між змінними, розглядаючи їх як єдину систему ендогенних показників.

На основі офіційних статистичних даних сформовано інформаційну базу дослідження, що включає показники валового внутрішнього продукту, індексу споживчих цін, кредитної ставки та реального ефективного обмінного курсу. За допомогою побудови матриці кореляцій Пірсона ідентифіковано ключові емпіричні патерни, зокрема критично високу пряму залежність між валовим внутрішнім продуктом, споживчими витратами та імпортом, що вказує на структурну вразливість економіки та проблему мультиколінеарності. Також виявлено потужний ефект переносу валютного курсу на внутрішню інфляцію та стагфляційні маркери, де зростання цін пригнічує промислове виробництво. Додатково проведено графічний аналіз траєкторій розвитку індикаторів, який дозволив візуалізувати синхронність їхнього руху та виявити суттєві структурні зміни, спричинені кризовими шоками 2014 – 2015 та 2022 років.

Методологія дослідження передбачала перехід до стаціонарних часових рядів через логарифмічне диференціювання, стабільність яких підтверджена розширеним тестом Дікі-Фуллера. Якість побудованої векторної авторегресійної моделі перевірено методом бектестингу на тестових даних за 2024 – 2025 роки. Розрахована середня абсолютна відсоткова похибка, яка склала 1,29% для індексу споживчих цін та 4,4% для валового внутрішнього продукту підтверджує високу точність та доцільність використання обраного інструментарію. Сформований прогноз на 2026 – 2028 роки вказує на поступове сповільнення інфляції до 5% та стабільне зростання номінального валового внутрішнього продукту.

Ключові слова: векторна авторегресія, макроекономічне прогнозування, ВВП, інфляція, мультиколінеарність, економіка України.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку економіки України характеризується високим рівнем невизначеності, структурними трансформаціями та впливом як внутрішніх, так і зовнішніх шоків. Зміни у макроекономічному середовищі, зокрема коливання валового внутрішнього продукту, інфляції, обмінного курсу та рівня безробіття, потребують

© Семенюк Д.Ю., 2026

своєчасного аналізу та науково обґрунтованого прогнозування для забезпечення ефективної макроекономічної політики [1].

Традиційні економетричні підходи часто обмежені у врахуванні складних взаємозв'язків між макроекономічними показниками, що знижує точність прогнозів в умовах нестабільності. У цьому контексті особливої актуальності набуває використання векторних авторегресійних (VAR) моделей, які дозволяють досліджувати динамічні взаємозалежності між змінними без жорсткого задання функціональної структури [2]. Більш того, інтеграція методів машинного навчання та штучного інтелекту у традиційні економетричні конструкції відкриває нові можливості для аналізу великих масивів даних [3, 4].

Попри значну кількість досліджень у цій сфері, питання адаптації VAR-моделей до специфіки української економіки, зокрема з урахуванням кризових явищ, структурних зламів та обмеженості статистичних даних, залишається недостатньо розробленим [5]. Це зумовлює необхідність подальших досліджень у напрямі вдосконалення інструментарію моделювання та підвищення достовірності прогнозів макроекономічних показників України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні наукові дослідження свідчать про зростаючу роль векторних авторегресійних моделей (VAR) у макроекономічному аналізі та прогнозуванні. У працях К. Сімса [6] закладено теоретичні основи VAR-підходу як альтернативи структурним економетричним моделям, що дозволяє аналізувати взаємозв'язки між макроекономічними змінними без жорсткого накладання апріорних обмежень. Подальший розвиток цього підходу відображено у дослідженнях Г. Люткеполя [7], де систематизовано методологію побудови та оцінювання VAR-моделей, а також інструменти аналізу імпульсних відгуків і декомпозиції дисперсії.

Важливим напрямом сучасних досліджень є вдосконалення класичних VAR-моделей через використання їх модифікацій. Зокрема, байєсівські VAR-моделі (BVAR) дозволяють підвищити точність прогнозів в умовах обмеженої вибірки та високої волатильності даних, що підтверджують Д. Джанноне, М. Ленца та Г. Прімічері [8], а також Й. Волошин і С. Буковський [9] та К. Амезіан і Б. Беньякуб [10]. Факторно-розширені VAR-моделі (FAVAR) забезпечують можливість врахування великої кількості макроекономічних індикаторів шляхом зниження розмірності даних, що детально описано у роботах А. Груї та Р. Лисенка [11]. Окрему увагу приділено потенціалу генеративного ШІ в економічних симуляціях у праці Ю. Такахаші, К. Отака та Н. Като [12]. Крім того, у сучасних дослідженнях активно застосовуються нелінійні розширення VAR-моделей, зокрема Markov-switching VAR, що дає змогу враховувати структурні злами та зміну режимів функціонування економіки, як показано у дослідженнях Е. Коле та Д. Ван Дейка [13] та І. Лук'яненко, М. Насаченка і Т. Токарчука [14].

У контексті застосування VAR-моделей для аналізу макроекономічних процесів в Україні значний внесок зроблено у дослідженнях Національного банку України. Зокрема, у працях Н. Шаповаленко [15] та В. Крамара і Б. Чепиги [16], присвячених прогнозуванню інфляції, ВВП та очікувань, показано ефективність використання BVAR-моделей порівняно з традиційними економетричними підходами. Дослідження К. Оствейта, Г. Бьорнланд та Дж. Кросса [17] щодо глобальних моделей також підтверджують високу інформативність таких підходів.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із використанням глобальних VAR-моделей (GVAR) для аналізу впливу зовнішніх шоків на економіку України. У працях О. Фарини та Г. Сімоли [18] доведено, що врахування міжнародних економічних взаємозв'язків суттєво підвищує якість макроекономічного прогнозування для відкритих економік. Водночас у дослідженнях А. Груї, А. Вдовиченка, С. Гурницької та Л. Миронової [19], а також Й. Ваври [20] та М. Абдель Вахеда [21], значна увага приділяється нелінійним ефектам, режимним змінам та гібридним методам в умовах кризових явищ, що є характерними для сучасної економіки України. У контексті аналізу останніх досліджень слід зазначити, що автор вже

розглядав тематику прогнозування економічних показників України, зокрема у праці [22], де було здійснено порівняльний аналіз трендових методів. Це дозволило констатувати обмеженість однофакторних підходів і обґрунтувати перехід до векторних авторегресій, що здатні враховувати взаємозв'язки між змінними.

Незважаючи на значну кількість досліджень, у науковій літературі недостатньо висвітлено питання комплексного порівняння різних модифікацій VAR-моделей у контексті української економіки, а також їх адаптації до умов структурних зламів, нестабільності та обмеженості статистичних даних. Це зумовлює необхідність подальших досліджень у напрямі вдосконалення методів моделювання та прогнозування макроекономічних процесів в Україні на основі VAR-підходу.

Метою цієї статті є здійснення комплексного аналізу та оцінювання ефективності застосування векторних авторегресійних моделей для моделювання та прогнозування макроекономічних процесів в Україні. Дослідження спрямоване на виявлення динамічних взаємозв'язків між ключовими макроекономічними показниками, а також на оцінювання прогностичної здатності VAR-моделі в умовах нестабільного економічного середовища. Для досягнення поставленої мети передбачено сформувати інформаційну базу на основі макроекономічних показників України (валовий внутрішній продукт, індекс споживчих цін, процентна ставка за кредитами, реальний ефективний обмінний курс), здійснити їхній попередній статистичний та динамічний аналіз, побудувати та ідентифікувати VAR-модель для дослідження взаємозв'язків, а також виконати прогнозування з подальшою оцінкою точності та ефективності отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу. Інтеграція технологій штучного інтелекту в макроекономічні дослідження формує новий теоретико-методологічний напрям, що трансформує підходи до аналізу економічних процесів. Зростає актуальність переосмислення обмежень традиційних парадигм, поряд із розвитком методів глибокого навчання, автономних агентів і гібридних архітектур. Водночас постають виклики, пов'язані з алгоритмічною інтерпретованістю та надійністю результатів.

Моделювання макроекономічних процесів у країнах з малою відкритою економікою, до яких належить Україна, ускладнюється високим ступенем взаємозалежності між внутрішніми та зовнішніми шоками. У таких умовах традиційні економетричні моделі з жорстким поділом на ендогенні (залежні) та екзогенні (незалежні) змінні часто втрачають прогностичну здатність. Альтернативним підходом є застосування векторних авторегресійних моделей, які за замовчуванням розглядають усі змінні системи як ендогенні. Проте побудова адекватної VAR-моделі вимагає ретельного попереднього розвідувального аналізу даних для правильного відбору ознак та уникнення проблеми хибної регресії.

Емпіричну базу дослідження сформовано на основі верифікованих даних, які стосуються виключно України, із відкритих міжнародних та національних джерел, зокрема World Bank Open Data [23], IMF Data [24], Національного банку України [25] та Державної служби статистики України [26]. Весь масив був структурований та підготовлений автором у вигляді «очищених даних». Під цим терміном мається на увазі комплекс дій із попередньої обробки часових рядів, що включав: виявлення та усунення статистичних аномалій (викидів), спричинених технічними збоями збору звітності; заповнення пропусків методів лінійної інтерполяції; а також приведення показників у різних валютах та цінах до єдиного формату для забезпечення їхньої математичної порівнянності в межах економетричної моделі.

Сформований набір даних охоплює широку систему показників: валовий внутрішній продукт (*ВВП*), кінцеві споживчі витрати (загальні (*КСВ Заг*), сектору державного управління (*КСВ Уряд*) та домогосподарств (*КСВ Дом*)), зовнішньоторговельні операції (експорт та імпорт товарів і послуг (*Експ/Імп Т/П*), імпорт товарів (*Імп Тов*)), а також показники інвестиційної активності (валове нагромадження капіталу (*ВНК*), основного капіталу (*ВНОК*) та зміна запасів) і рівень інфляції (*ІСЦ*). Для забезпечення порівнянності

дані опрацьовано у різних типах цін: поточних (*[Пот]*), цінах попереднього року (*[Пон]*) та у вигляді ланцюгових обсягів (*[Ланц]*).

З метою виявлення структурних залежностей між ключовими макроекономічними показниками України на першому етапі дослідження було проведено структурний аналіз взаємозв'язків за допомогою побудови матриці парних кореляцій Пірсона. Результати цього аналізу представлено на рисунку 1.

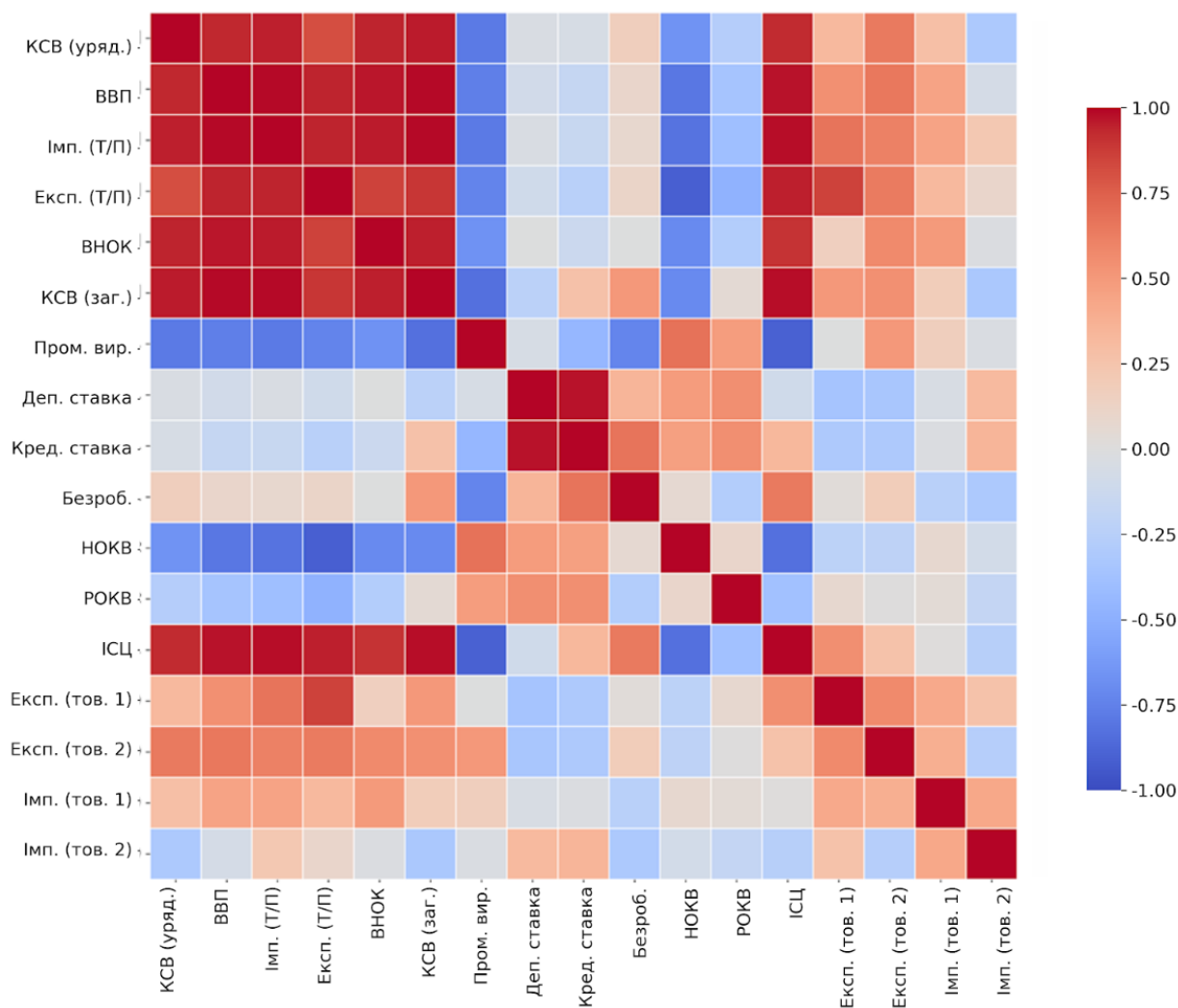


Рис. 1. Матриця кореляції макроекономічних показників України

Джерело: побудовано автором на основі [23-26].

Отримані результати дозволили виявити стійкі емпіричні патерни, що визначають архітектуру майбутнього вектора авторегресії. Зокрема, проведений кореляційний аналіз зафіксував критично високу пряму залежність ($r \approx 0.98$) між динамікою валового внутрішнього продукту, кінцевими споживчими витратами (як уряду, так і домогосподарств) та обсягами імпорту товарів і послуг. Така синхронність свідчить про те, що зростання сукупного попиту в Україні майже повністю задовольняється за рахунок імпортової продукції, що є характерною структурною вразливістю вітчизняної економіки. У контексті VAR-моделювання такі високі значення коефіцієнтів кореляції вказують на сувору мультиколінеарність. Включення усіх цих змінних в один вектор призведе до перенавчання

моделі та зміщення оцінок параметрів. Отже, для базової VAR-моделі доцільно використовувати лише один агрегований репрезентативний показник (наприклад, реальний ВВП) або застосовувати методи зниження розмірності.

Поряд із внутрішніми структурними залежностями, аналіз матриці виявив потужну обернену залежність ($r = -0.90$) між номінальним ефективним обмінним курсом (NEER) та обсягами експорту. Зниження індексу NEER (девальвація гривні) закономірно призводить до збільшення номінальних обсягів експорту через підвищення цінової конкурентоспроможності вітчизняних товарів на глобальних ринках. Водночас спостерігається сильна зворотна кореляція між NEER та індексом споживчих цін (ІСЦ) ($r = -0.82$), що підтверджує значний «ефект переносу» валютного курсу на внутрішню інфляцію. У контексті VAR-моделювання ці зв'язки є класичним прикладом складної ендогенності: зміна курсу впливає на ціни та експорт, але водночас стан торговельного балансу тисне на курс.

Отримані статистичні маркери також вказують на виражені стагфляційні тенденції та переважання інфляції витрат в українській економіці. Про це свідчить сильна від'ємна кореляція ($r = -0.89$) між ІСЦ та промисловим виробництвом, а також між промисловим виробництвом і споживчими витратами ($r = -0.83$). Ці маркери вказують на домінування в Україні шоків пропозиції та інфляції витрат, за яких зростання цін пригнічує ділову активність і реальний випуск.

Результати кореляційного аналізу формують наступні базові вимоги до архітектури векторної авторегресії:

1) Формування вектора ендогенних змінних (Y_t): з огляду на виявлені зв'язки, оптимальний базовий вектор макроекономічної динаміки має включати незалежні компоненти. Тому для уникнення проблеми мультиколінеарності та перенасичення моделі, початковий масив даних було скорочено до 4 ключових макроекономічних індикаторів, що мають найбільший вплив на економічну стабільність:

- ВВП (*Gross Domestic Product*): обсяг економічного виробництва в поточних цінах;
- Індекс споживчих цін (*CPI*): основний показник інфляційних процесів;
- Відсоткові ставки (*Lending Rate*): вартість кредитних ресурсів у банківському секторі;
- Реальний ефективний обмінний курс (REER): показник цінової конкурентоспроможності на зовнішніх ринках.

2) Перехід до стаціонарності: висока кореляція абсолютних значень між собою вказує на ймовірну нестационарність часових рядів. Відповідно, перед оцінюванням VAR необхідно провести тестування на одиничний корінь і, ймовірно, перейти до логарифмічних диференцій (темів приросту) або застосувати модель корекції помилок, якщо буде виявлено коінтеграцію між ВВП, імпортом та споживанням.

Для підтвердження доцільності вибору саме цієї комбінації змінних та перевірки відсутності надлишкових зв'язків між ними після фільтрації вихідного масиву, було побудовано уточнену кореляційну матрицю (рис. 2). Вона демонструє внутрішню структуру взаємодії відібраних ендогенних чинників, що стануть основою для подальшої специфікації VAR-моделі.

Аналіз матриці підтверджує доцільність обраного набору змінних. Найсильніший прямий зв'язок (0,96) спостерігається між ВВП та ІСЦ, що підтверджує значний вплив інфляційної складової на номінальне зростання економіки. Негативна кореляція між REER та відсотковою ставкою (-0,30) вказує на монетарний механізм регулювання курсу. Водночас помірні значення кореляції між більшістю пар змінних свідчать про відсутність критичної мультиколінеарності, що дозволяє включити всі чотири індикатори до VAR-моделі.

Для наочної демонстрації виявлених раніше статистичних закономірностей було проведено графічний аналіз траєкторій розвитку макроекономічних індикаторів. Візуалізація реальних історичних даних дозволяє не лише підтвердити синхронність їхнього руху, але й

виявити структурні зміни, спричинені глобальними та локальними кризами (2008–2009, 2014–2015, 2022 років).

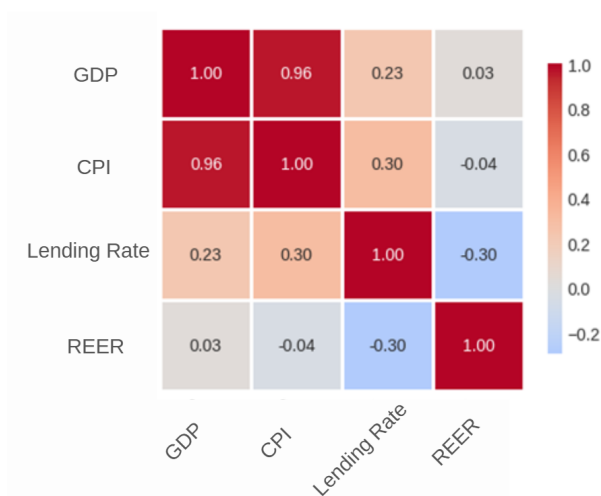


Рис. 2. Кореляційна матриця ключових макроекономічних показників

Джерело: побудовано автором за [23-26]

На рисунку 3 представлено динаміку чотирьох ключових показників у їх оригінальних одиницях вимірювання.

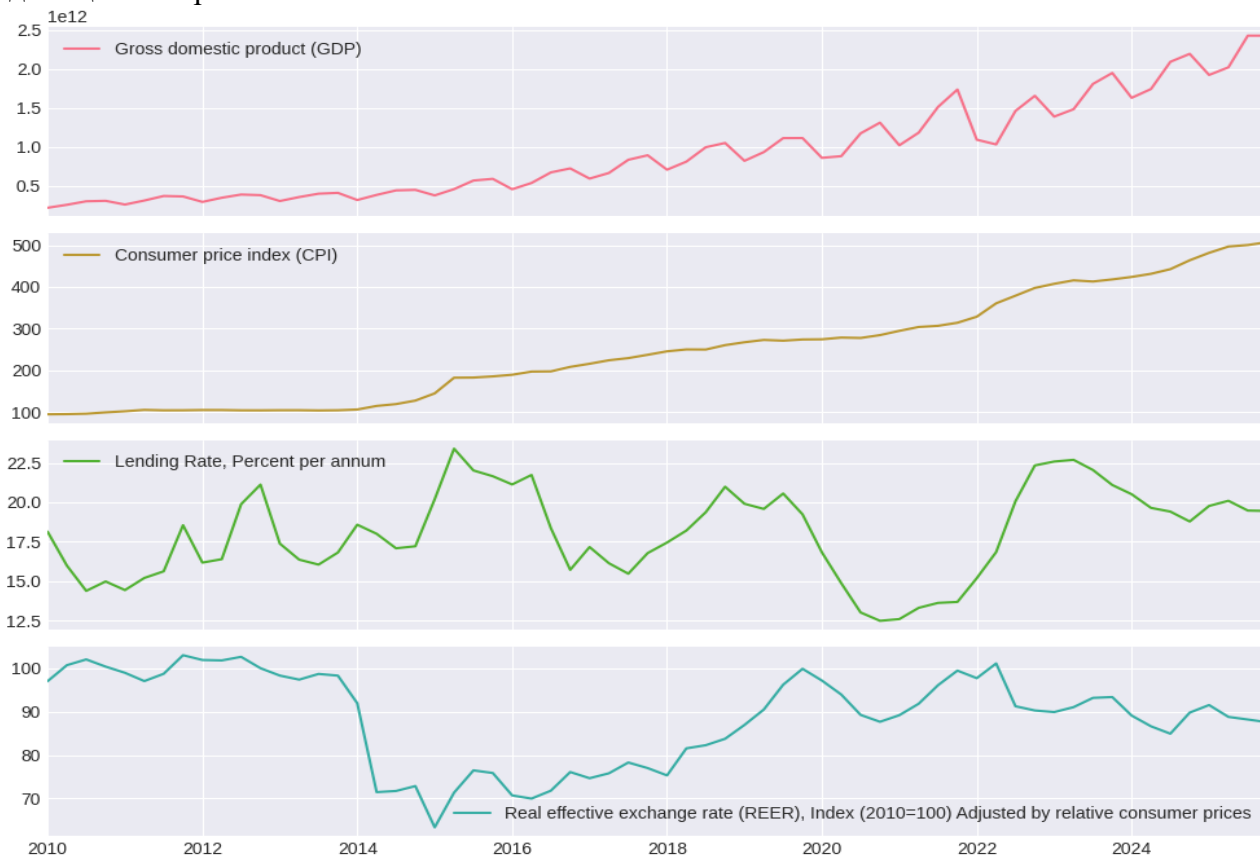


Рис. 3. Макроекономічні показники України (очищені дані)

Джерело: побудовано автором за даними [23 – 26]

Графіки демонструють експоненціальне зростання номінального ВВП та індексу цін, а також значну волатильність кредитної ставки та реального обмінного курсу, особливо в періоди структурних шоків 2014–2015 та після 2022 років.

Для забезпечення порівнянності показників, що мають різні одиниці вимірювання (валюта, індекси, відсотки), було здійснено нормалізацію даних до єдиної шкали (від 0 до 100). Результати цієї трансформації представлено на рисунку 4.

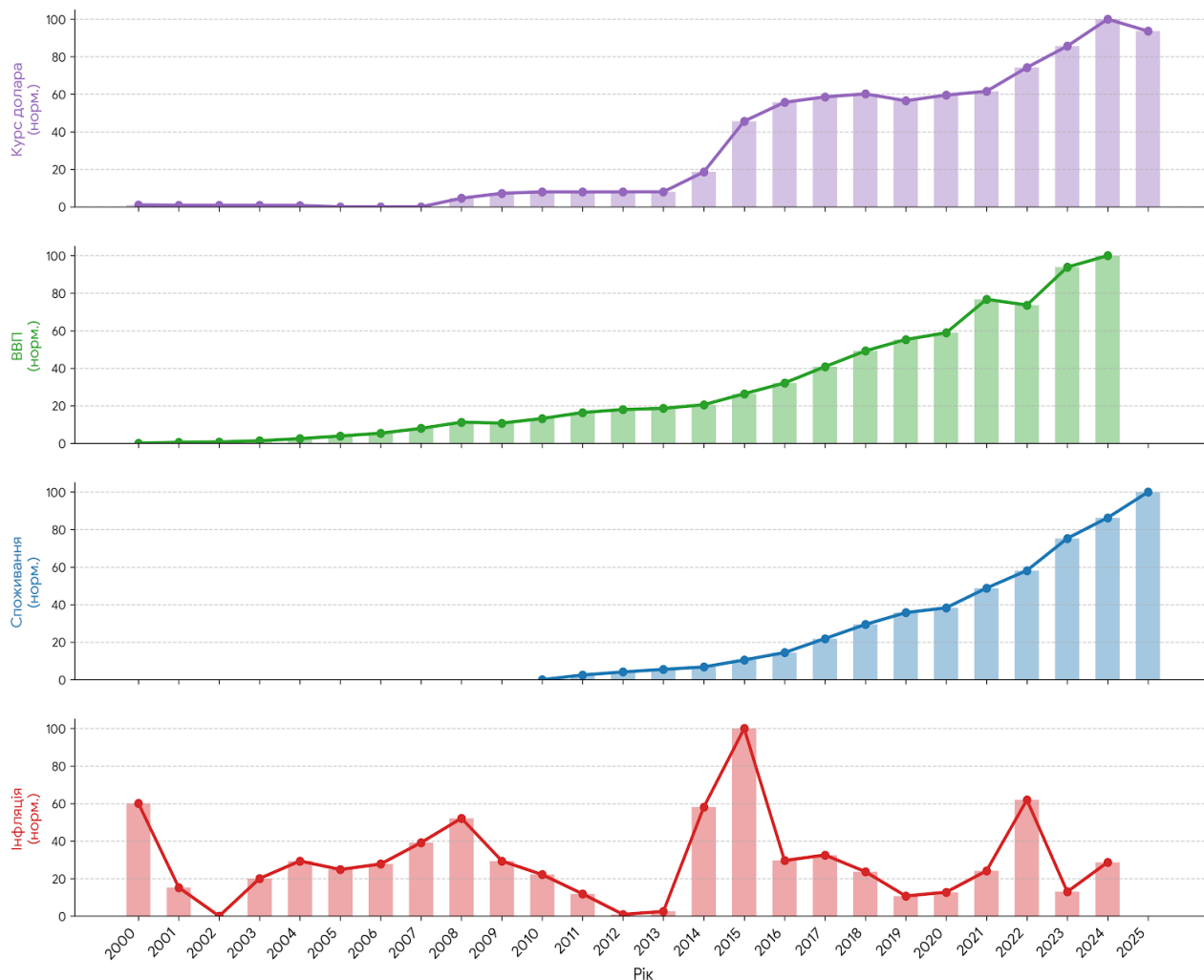


Рис. 4. Зведена динаміка ключових макроекономічних індикаторів, приведених до єдиної нормалізованої шкали

Джерело: побудовано автором за [23 – 26]

Нормалізація дозволяє порівняти відносні темпи зміни показників та виявити ключові закономірності їхньої взаємодії, які систематизовано в таблиці 1.

Цей багатовимірний графік є фінальним підтвердженням необхідності використання багатовимірних векторних моделей, оскільки жоден з цих показників неможливо адекватно прогнозувати у відриві від інших.

Враховуючи виявлені структурні особливості та ідентифіковані взаємозв'язки, наступним критично важливим етапом дослідження стала технічна адаптація часових рядів для забезпечення коректної специфікації економетричної моделі.

Таблиця 1. Макроекономічна інтерпретація динаміки нормалізованих показників України

Тренд / Закономірність	Опис динаміки на графіку	Макроекономічне значення
Колінеарність попиту та ВВП	Синхронний рух траєкторій ВВП (зелена) та споживчих витрат (синя).	Підтверджує критичну залежність економіки від внутрішнього споживання; обидва показники демонструють інерційне зростання.
Кризові шоки валютного курсу	Різкі стрибки лінії курсу долара (фіолетова) після періодів стабільності (2008, 2014, 2022 рр.).	Демонструє завершення періодів штучної фіксації курсу девальваційними шоками.
Ефект переносу на інфляцію	Сплески інфляції (червона лінія) миттєво слідують за зростанням курсу.	Підтверджує потужний вплив валютного курсу на внутрішні ціни, при цьому інфляція швидко стабілізується після згасання шоку.

Джерело: складено автором

Оскільки базові макроекономічні показники (зокрема ВВП та індекси цін) мають експоненціальний характер зростання, до них було застосовано натуральне логарифмування для стабілізації дисперсії. Після цього обчислено першу різницю (диференціювання) за формулою (1):

$$\Delta \ln(X_t) = \ln(X_t) - \ln(X_{t-1}) \quad (1)$$

Ця операція дозволила перейти від абсолютних значень до темпів зростання, що є необхідним для коректної роботи економетричних моделей.

Окрім того, базовою вимогою для VAR-моделей є стаціонарність усіх часових рядів. За допомогою розширеного тесту Дікі-Фуллера (*ADF-тест*) було доведено, що після логарифмічного диференціювання всі показники стали стаціонарними. Це дозволило уникнути проблеми «хибної регресії» та забезпечити статистичну значущість результатів моделювання (рис. 5).

Checking for Stationarity (ADF Test) after transformation:

Gross domestic product (GDP)	p-value: 0.0503 STATIONARY
Consumer price index (CPI)	p-value: 0.0087 STATIONARY
Lending Rate, Percent per annum	p-value: 0.0000 STATIONARY
Real effective exchange rate (REER), Index (2...	p-value: 0.0000 STATIONARY

Рис. 5. Результати тестування часових рядів на стаціонарність (*ADF-тест*) після логарифмічного диференціювання.

Джерело: розраховано та побудовано автором за результатами моделювання та фактичними даними [23 – 26]

Фінальна модель векторної авторегресії була побудована для прогнозування системи взаємозалежних змінних. Модель враховує часові затримки у реакції економічних показників, що дозволяє вловлювати інерційність процесів.

Для перевірки прогностичної здатності моделі використано метод бектестингу. Навчання проводилося на навчальній вибірці (History Train), а перевірка — на тестових даних (Actual Test) за період 2024–2025 років. Результати бектестингу представлено на рисунку 6.

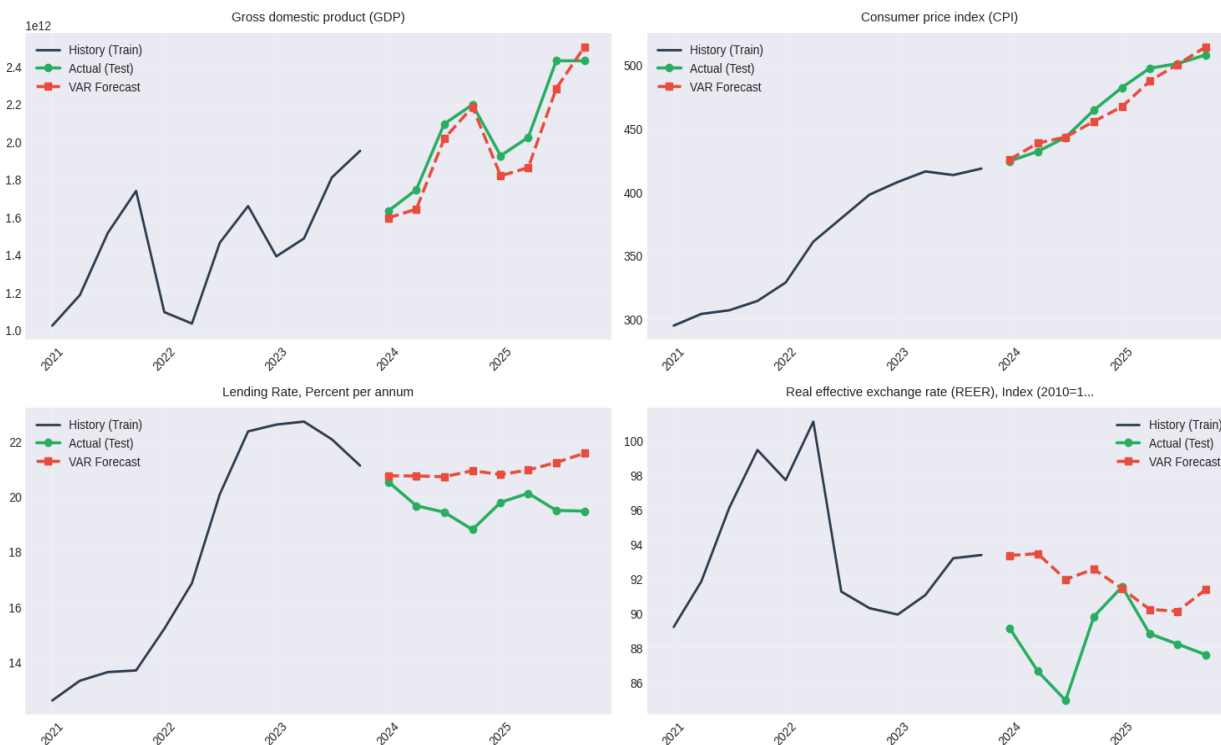


Рис. 6. Результати бектестингу VAR-моделі: порівняння прогностичних значень із фактичними даними (2024–2025 рр.).

Джерело: розраховано та побудовано автором за результатами моделювання та фактичними даними [23 – 26]

Застосування методу бектестингу дозволило об'єктивно верифікувати якість моделі шляхом порівняння її розрахункових значень із фактичними показниками економіки. Розподіл масиву даних на навчальну вибірку (History Train) та контрольний період (Actual Test) є фундаментальним етапом валідації, який підтвердив високу адаптивність архітектури до структурних трансформацій 2024–2025 років. Аналіз результатів на рис. 6 демонструє високу точність апроксимації та відсутність ефекту перенавчання, про що свідчить мінімальне відхилення прогностичної кривої від реальної динаміки. Така підтверджена ретроспективна точність доводить наявність у моделі реальної прогностичної сили та створює надійне статистичне підґрунтя для її використання як інструменту середньострокового макроекономічного прогнозування на наступні 3-5 років.

Якість прогнозу оцінювалася за допомогою метрики MAPE (Mean Absolute Percentage Error — середня абсолютна відсоткова похибка) після обов'язкової зворотної трансформації результатів (повернення від логарифмів до реальних значень за допомогою кумулятивної суми та експоненти). Результати оцінки точності наведено в таблиці 2.

Інтерпретація отриманих значень середньої абсолютної помилки у відсотках дозволяє детальніше оцінити прогностичні можливості моделі для кожного показника. Найвищу точність продемонстрував прогноз індексу споживчих цін (1,29%), що пояснюється значною інерційністю інфляційних процесів в Україні та їхнім тісним кореляційним зв'язком із монетарною політикою. Показники реального ефективного обмінного курсу (4,02%) та ВВП

(4,40%) продемонстрували прийнятну та задовільну точність відповідно; такі значення є цілком адекватними, враховуючи високу волатильність економічного зростання та залежність зовнішньоторговельних індикаторів від численних екзогенних факторів в умовах кризи.

Таблиця 2. Метрики точності на тестових даних

Показник	Значення MAPE (%)
Валовий внутрішній продукт (GDP)	4.40%
Індекс споживчих цін (CPI)	1.29%
Кредитна ставка (Lending Rate)	6.70%
Реальний ефективний обмінний курс (REER)	4.02%

Джерело: розраховано автором на основі результатів бектестингу моделі

Водночас найвищий рівень похибки зафіксовано для кредитної ставки (6,70%). Це зумовлено передусім дискреційним характером монетарної політики Національного банку України та необхідністю різких змін облікової ставки у відповідь на непередбачувані інфляційні шоки, що важко піддається лінійній формалізації. Проте в цілому отримані результати демонструють високу якість прогнозування для ключових номінальних змінних та допустиму похибку для більш волатильних індикаторів. Це остаточно підтверджує ефективність застосування обраного VAR-підходу як релевантного інструменту для середньострокового макроекономічного прогнозування в умовах української економіки.

Після успішної валідації на тестових даних фінальну VAR-модель було перенавчено на всьому доступному масиві даних. Згенеровано прогноз на 12 кварталів (3 роки) вперед — на період 2026–2028 років. Результати прогнозування представлено на рисунку 7.

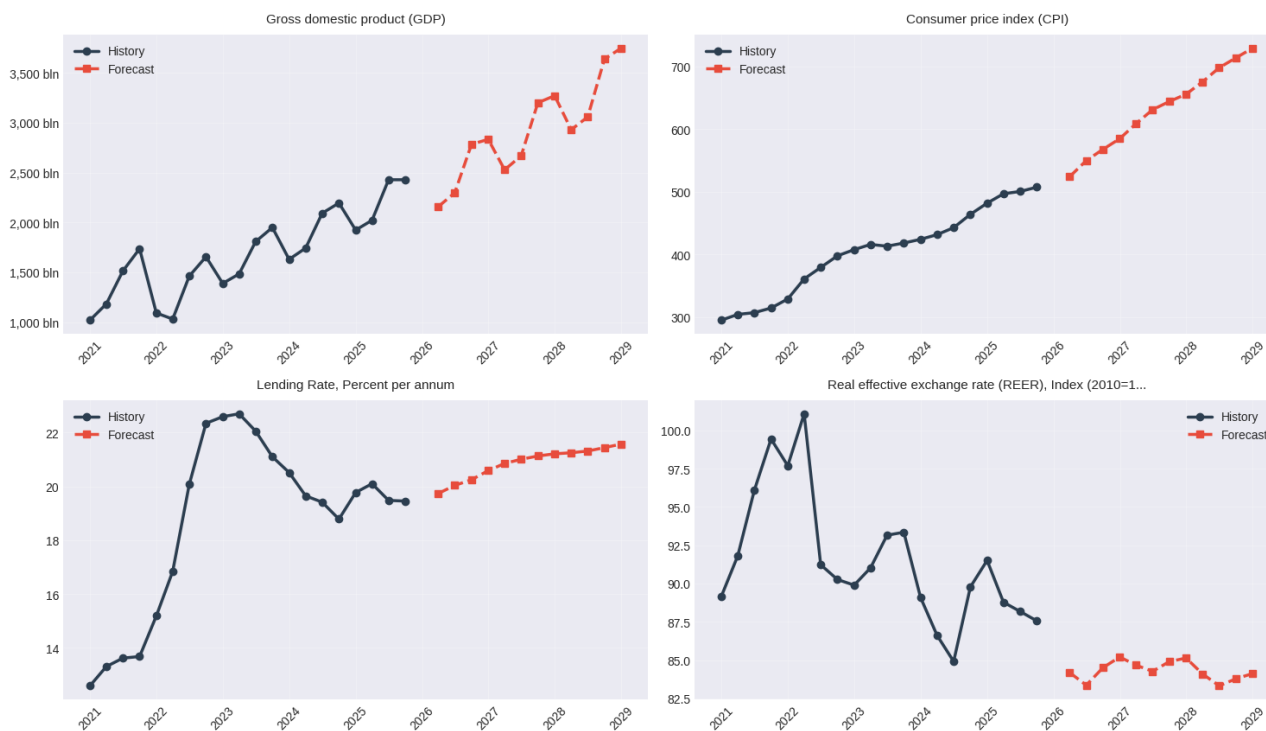


Рис. 7. Фінальний макроекономічний прогноз для України на 2026–2028 роки

Джерело: побудовано автором за результатами прогнозного моделювання

Аналіз отриманих прогнозних траєкторій дозволяє сформулювати цілісне бачення макроекономічної динаміки України на середньострокову перспективу. Зокрема, у сфері цінової стабільності модель вказує на поступове сповільнення інфляції з виходом на рівень 5–6% до 2028 року. Така траєкторія повністю відповідає стратегічним цілям Національного банку України та є реалістичною за умови збереження відносної стабільності валютного ринку та продовження виваженої монетарної політики.

Паралельно з дезінфляційними процесами очікується стійка динаміка валового внутрішнього продукту. Прогноз фіксує стабільне зростання номінального ВВП, що є результатом поєднання реального економічного відновлення та інфляційної складової. За оцінками моделі, реальні темпи річного зростання коливатимуться в межах 1,8–3,7%, що свідчить про поступове зміцнення виробничого потенціалу країни навіть у складних структурних умовах.

Підтримка зазначених трендів потребуватиме збереження жорстких монетарних умов, що відображається у прогнозі кредитних ставок. Модель передбачає їх стабілізацію на рівні близько 21%, що диктується необхідністю підтримання високої привабливості гривневих активів та стримування інфляційних очікувань. Така політика виступає фундаментом для стабілізації реального ефективного обмінного курсу, який після періоду значної турбулентності має вийти на плато, знаменуючи досягнення нової рівноваги цінової конкурентоспроможності України на зовнішніх ринках.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що використання векторних авторегресійних моделей є високоефективним інструментом для аналізу та прогнозування складних макроекономічних процесів в Україні. Глибокий кореляційний аналіз виявив фундаментальні структурні особливості вітчизняної економіки, зокрема критично високу імпортоємність сукупного попиту ($r \approx 0.98$), суттєвий «ефект переносу» валютного курсу на інфляцію та ознаки домінування інфляції витрат. Математична стійкість розробленої моделі була забезпечена через процедуру логарифмічного диференціювання, що дозволило привести часові ряди до стаціонарного вигляду та отримати незміщені оцінки параметрів. Висока прогностична здатність побудованої архітектури була верифікована методом бектестингу: мінімальні значення середньої абсолютної похибки для індексу споживчих цін (1,29%) та ВВП (4,40%) свідчать про адекватність моделі навіть в умовах високої волатильності. Отриманий середньостроковий прогноз на 2026–2028 роки вказує на траєкторію помірної економічної відновлення з темпами зростання ВВП у межах 1,8–3,7% та поступове досягнення цільового рівня інфляції у 5% за умови збереження відносно жорстких монетарних параметрів. Головна перевага застосованого VAR-підходу полягає у здатності враховувати ендогенність усіх змінних системи без жорстких апріорних обмежень, що робить його релевантним для прийняття науково обґрунтованих рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Coulombe P. G., Leroux M., Stevanovic D., Surprenant S. How is Machine Learning Useful for Macroeconomic Forecasting? *Journal of Applied Econometrics*. 2022. Vol. 37, No. 5. P. 920–964. DOI: <https://doi.org/10.1002/jae.2910>
2. Щербініна С.О., Шевченко О.М. Штучний інтелект в економіко-математичному моделюванні сценаріїв розвитку підприємництва в Україні. *Економічний простір*. 2025, No. 201. P. 241–245. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.201.241-245> (
3. Blanchard O. On the Future of Macroeconomic Models. *Oxford Review of Economic Policy*. 2018. 34, No. 1/2. P. 43–54. URL: <https://www.jstor.org/stable/48539406>

4. Sengupta S., Chakraborty T., Singh S. K. Forecasting CPI Inflation Under Economic Policy and Geopolitical Uncertainties. *International Journal of Forecasting*. 2025. Vol. 41, No. 3. P. 953–981. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2024.08.005>
5. Otto P., Doğan O., Taşpınar S. A Dynamic Spatiotemporal Stochastic Volatility Model with an Application to Environmental Risks. *Econometrics and Statistics*. 2024. Vol. 30. P. 112–130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecosta.2023.11.002>
6. Sims C. A. Macroeconomics and Reality. *Econometrica*. 1980. Vol. 48, No. 1. P. 1–48. DOI: <https://doi.org/10.2307/1912017>
7. Lütkepohl H. New Introduction to Multiple Time Series Analysis. Berlin: Springer-Verlag, 2005. 764 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-27752-1>
8. Giannone D., Lenza M., Primiceri G. E. Prior Selection for Vector Autoregressions. *Review of Economics and Statistics*. 2015. Vol. 97, No. 2. P. 436–451. DOI: https://doi.org/10.1162/REST_a_00483
9. Wołoszyn J., Bukowski S. The Impact of AI on Economic Modelling // European Research Studies Journal. 2025. Vol. 28, No. 1. P. 640–660. DOI: <https://doi.org/10.35808/ersj/3927>
10. Ameziane K., Benyacoub B. Exchange Rate Volatility Effect on Economic Growth Under Different Exchange Rate Regimes: New Evidence from Emerging Countries Using Panel CS-ARDL Model. *Journal of Risk and Financial Management*. 2022. Vol. 15, No. 11. Art. 499. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm15110499>
11. Gruï A., Lysenko R. Nowcasting Ukraine's GDP Using a Factor-Augmented VAR (FAVAR) Model. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*. 2017. No. 242. P. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.26531/vnbu2017.242.005>
12. Takahashi Y., Otaka K., Kato N. Potential Applications of Generative AI in Economic Simulations. *Bank of Japan Research LAB*. 2025. Vol. 25, No. 1. P. 1–15. URL: https://www.boj.or.jp/en/research/wps_rev/lab/lab25e01.htm
13. Kole E., Dijk D. Moments, Shocks and Spillovers in Markov-Switching VAR Models. *Tinbergen Institute Discussion Paper*. 2023. No. TI 2021-080/III. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3924951>
14. Lukianenko I., Nasachenko M., Tokarchuk T. Estimating Inflation and Inflation Expectations Based on a Markov-Switching Vector Autoregression Approach: Case of Ukraine. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*. 2025. Vol. 3, No. 62. P. 163–174. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptop.3.62.2025.4724>
15. Shapovalenko N. A BVAR Model for Forecasting Ukrainian Inflation and GDP. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*. 2021. No. 251. P. 14–36. DOI: <https://doi.org/10.26531/vnbu2021.251.02>
16. Kramar V., Chepyha B. Anchoring Firms' Inflation Expectations in Ukraine: Assessing Shock and Level Anchoring with a VAR Approach. *Visnyk of the National Bank of Ukraine (Occasional Paper)*. 2025. No. 2025/06. DOI: <https://doi.org/10.26531/vnbu2025.op06>
17. Aastveit K. A., Bjørnland H. C., Cross J. L. Global VAR Models for Open Economies: A New Perspective on Trade and Inflation. *Journal of International Economics*. 2024. Vol. 147. P. 103–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2023.103856>
18. Faryna O., Simola H. How Trade Composition Affects Sensitivity to Foreign Shocks: Applying a Global VAR Model to Ukraine. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*. 2019. No. 247. P. 4–18. DOI: <https://doi.org/10.26531/vnbu2019.247.01>
19. Gruï A., Vdovychenko A., Gurnytska S., Myronova L. Anchoring of Inflation Expectations in Ukraine: Evidence from Firm-Level and Macro Data. *National Bank of Ukraine Working Paper*. 2023. No. 2023/02. DOI: <https://doi.org/10.26531/nbubwp2023-02>
20. Vavra J. Non-linear Macroeconomic Dynamics and Regime Switching in Emerging Markets. *Springer Economics*. 2025. Vol. 12, No. 1. P. 88–114. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40503-024-00123-x>
21. Abdel Wahed M. Hybrid Econometric and Machine Learning Approaches for Robust Anomaly Detection. *Robust Methods for Anomaly Detection in Econometrics* / Ed. by M. Rahmouni. IGI Global Scientific Publishing, 2026. P. 209–246. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-8297-5.ch007>
22. Ковбатюк М., Семенюк Д. Порівняльний аналіз трендових методів прогнозування економічних показників на прикладі економіки України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2025. No. 24. P. 111–120. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2025.24.11>
23. World Bank Open Data : вебсайт. URL: <https://data.worldbank.org>
24. International Financial Statistics : вебсайт / IMF. URL: <https://data.imf.org>
25. Офіційне інтернет-представництво Національного банку України : вебсайт. URL: <https://bank.gov.ua>
26. Державна служба статистики України : вебсайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

REFERENCES

1. Coulombe P. G., Leroux M., Stevanovic D., Surprenant S. (2022). How is Machine Learning Useful for Macroeconomic Forecasting? *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 37, No. 5. <https://doi.org/10.1002/jae.2910>

2. Shcherbinina, S. O., & Shevchenko, O. M. (2025). Artificial intelligence in economic-mathematical modeling of entrepreneurship development scenarios in Ukraine. *Ekonomichnyi Prostir (Economic Space)*, No. 201. <https://doi.org/10.30838/EP.201.241-245> [in Ukrainian].
3. Blanchard O. (2018). On the Future of Macroeconomic Models. *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 34, No. 1/2. <https://www.jstor.org/stable/48539406>
4. Sengupta S., Chakraborty T., Singh S. K. (2025). Forecasting CPI Inflation Under Economic Policy and Geopolitical Uncertainties. *International Journal of Forecasting*, Vol. 41, No. 3. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2024.08.005>
5. Otto P., Doğan O., Taşpınar S. (2024). A Dynamic Spatiotemporal Stochastic Volatility Model with an Application to Environmental Risks. *Econometrics and Statistics*, Vol. 30. <https://doi.org/10.1016/j.ecosta.2023.11.002>
6. Sims C. A. (1980). *Macroeconomics and Reality*. *Econometrica*, Vol. 48, No. 1. <https://doi.org/10.2307/1912017>
7. Lütkepohl H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-27752-1> (
8. Giannone D., Lenza M., Primiceri G. E. (2015). Prior Selection for Vector Autoregressions. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 97, No. 2. https://doi.org/10.1162/REST_a_00483
9. Wołoszyn J., Bukowski S. (2025). The Impact of AI on Economic Modelling. *European Research Studies Journal*, Vol. 28, No. 1. <https://doi.org/10.35808/ersj/3927>
10. Ameziane K., Benyacoub B. (2022). Exchange Rate Volatility Effect on Economic Growth Under Different Exchange Rate Regimes: New Evidence from Emerging Countries Using Panel CS-ARDL Model. *Journal of Risk and Financial Management*, Vol. 15, No. 11. <https://doi.org/10.3390/jrfm15110499>
11. Grujić A., Lysenko R. (2017). Nowcasting Ukraine's GDP Using a Factor-Augmented VAR (FAVAR) Model. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*, No. 242. <https://doi.org/10.26531/vnbu2017.242.005>
12. Takahashi Y., Otaka K., Kato N. (2025). Potential Applications of Generative AI in Economic Simulations. *Bank of Japan Research LAB*, Vol. 25, No. 1. https://www.boj.or.jp/en/research/wps_rev/lab/lab25e01.htm
13. Kole E., Dijk D. (2023). Moments, Shocks and Spillovers in Markov-Switching VAR Models. *Tinbergen Institute Discussion Paper*, No. TI 2021-080/III. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3924951>
14. Lukianenko I., Nasachenko M., Tokarchuk T. (2025). Estimating Inflation and Inflation Expectations Based on a Markov-Switching Vector Autoregression Approach: Case of Ukraine. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, Vol. 3, No. 62. <https://doi.org/10.55643/fcaptop.3.62.2025.4724>
15. Shapovalenko N. (2021). A BVAR Model for Forecasting Ukrainian Inflation and GDP. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*, No. 251. <https://doi.org/10.26531/vnbu2021.251.02>
16. Kramar V., Chepyha B. (2025). Anchoring Firms' Inflation Expectations in Ukraine: Assessing Shock and Level Anchoring with a VAR Approach. *Visnyk of the National Bank of Ukraine (Occasional Paper)*, No. 2025/06. <https://doi.org/10.26531/vnbu2025.op06>
17. Aastveit K. A., Bjørnland H. C., Cross J. L. (2024). Global VAR Models for Open Economies: A New Perspective on Trade and Inflation. *Journal of International Economics*, Vol. 147. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2023.103856>
18. Faryna O., Simola H. (2019). How Trade Composition Affects Sensitivity to Foreign Shocks: Applying a Global VAR Model to Ukraine. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*, No. 247. <https://doi.org/10.26531/vnbu2019.247.01>
19. Grujić A., Vdovychenko A., Gurnytska S., Myronova L. (2023). Anchoring of Inflation Expectations in Ukraine: Evidence from Firm-Level and Macro Data. *National Bank of Ukraine Working Paper*, No. 2023/02. <https://doi.org/10.26531/nbubwp2023-02>
20. Vavra J. (2025). Non-linear Macroeconomic Dynamics and Regime Switching in Emerging Markets. *Springer Economics*, Vol. 12, No. 1. <https://doi.org/10.1007/s40503-024-00123-x>
21. Abdel Wahed M. (2026). Hybrid Econometric and Machine Learning Approaches for Robust Anomaly Detection. In M. Rahmouni (Ed.), *Robust Methods for Anomaly Detection in Econometrics*. IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-8297-5.ch007>
22. Kovbatiuk M., & Semeniuk D. (2025). Comparative Analysis of Trend Methods for Forecasting Economic Indicators on the Example of the Economy of Ukraine. *Tavrian Scientific Bulletin. Series: Economics*, No. 24, pp. 111–120. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2025.24.11> [In Ukrainian].
23. World Bank Open Data : website. URL: <https://data.worldbank.org>
24. International Financial Statistics : website / IMF. URL: <https://data.imf.org>
25. Official website of the National Bank of Ukraine : website. URL: <https://bank.gov.ua>
26. State Statistics Service of Ukraine : website. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (

Dmytro Semeniuk
(Postgraduate, National Transport University)

**APPLICATION OF VECTOR AUTOREGRESSIVE MODELS
FOR THE ANALYSIS OF DYNAMICS AND FORECASTING
OF MACROECONOMIC PROCESSES IN UKRAINE**

The article provides a comprehensive analysis and evaluation of the effectiveness of using vector autoregressive models for modeling and forecasting macroeconomic processes in Ukraine. It is substantiated that under conditions of a high level of uncertainty and structural transformations, traditional econometric approaches often have a limited ability to account for complex interrelationships, which reduces the accuracy of forecasts. Instead, the use of vector autoregressive models allows for the investigation of dynamic interdependencies between variables, treating them as a single system of endogenous indicators.

Based on official statistical data, an information base for the research was formed, including indicators of gross domestic product, consumer price index, lending rate, and real effective exchange rate. Using the construction of a Pearson correlation matrix, key empirical patterns were identified, in particular, a critically high direct dependence between gross domestic product, consumer spending, and imports, indicating a structural vulnerability of the economy and the problem of multicollinearity. A powerful pass-through effect of the exchange rate to domestic inflation and stagflationary markers, where price increases suppress industrial production, was also identified. Additionally, a graphical analysis of the indicators' development trajectories was conducted, which allowed for the visualization of the synchronicity of their movement and the identification of significant structural breaks caused by the crisis shocks of 2014–2015 and 2022.

The research methodology involved the transition to stationary time series through log-differencing, the stability of which was confirmed by the augmented Dickey-Fuller test. The quality of the constructed vector autoregressive model was verified using the backtesting method on test data for the years 2024–2025. The calculated mean absolute percentage error, which amounted to 1.29% for the consumer price index and 4.4% for gross domestic product, confirms the high accuracy and feasibility of using the chosen tools. The generated forecast for 2026–2028 indicates a gradual slowdown of inflation to 5% and stable growth of the nominal gross domestic product.

Keywords: *vector autoregression, macroeconomic forecasting, GDP, inflation, multicollinearity, economy of Ukraine.*

Стаття надійшла до видання 10.02.2026

Стаття прийнята до друку після рецензування 02.03.2026

Стаття опублікована 20.04.2026