

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Києво-Могилянська академія»
Факультет економічних наук
Кафедра фінансів

Магістерська робота
ОСВІТНІЙ СТУПІНЬ – МАГІСТР

на тему: **«ПОРОГОВИЙ РІВЕНЬ ІНФЛЯЦІЇ, ЯКИЙ
ВАРТО ТОЛЕРУВАТИ ЦЬ»**

Виконав: студент 2-го року навчання,

Спеціальності:

072 «Фінанси, банківська справа,
страхування та фондовий ринок»

Стахурський Дмитро Васильович

Керівник: Токарчук Т.В.

канд. економ. наук, ст. викладач

Рецензент: Глущевський В.В.

доктор економічних наук, професор

Магістерська робота захищена

з оцінкою «_»

Секретар ЕК

« » 202__ р.

Київ 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВОГО РІВНЯ ІНФЛЯЦІЇ.....	8
1.1 Еволюція поглядів на природу інфляції: від кількісної теорії до монетарного кейнсіанства.....	8
1.2. Теорії взаємозв'язку між інфляцією і економічним зростанням: класичні дослідження Фішера, Бруно та Барро щодо оптимального рівня інфляції.....	10
1.3. Нова аналітична модель інфляції: феномен фінансової насиченості та стійке зростання.....	13
1.4. Поняття «threshold effect»: теоретичний огляд і значення для інфляційної динаміки.....	17
1.5. Пороговий рівень інфляції в розвинених економіках: емпіричні межі та макроекономічні наслідки.....	19
1.6. Пороговий рівень інфляції в економіках, що розвиваються: емпіричні межі та наслідки.....	22
1.7. Негативні наслідки надмірної інфляції для економічного зростання та зайнятості.....	24
1.8. Методологічні засади порогового моделювання в економіці.....	26
1.9. Аналітична модель: формалізація інфляційного тиску.....	30
1.10. Модель Хансена: припущення, алгоритм пошуку порогу та тестування порогового ефекту.....	33
1.11 Пороговий рівень інфляції для України.....	36
1.12 Висновки до розділу.....	39
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КЛЮЧОВИХ ЧИННИКІВ ІНФЛЯЦІЇ ТА ЕМПІРИЧНА ПОБУДОВА ПОРОГОВОЇ МОДЕЛІ.....	42
2.1 Концепція ансамблевого навчання: Random Forest та градієнтний бустинг (XGBoost).....	42
2.2 Порівняння Random Forest та XGBoost: структура, перенавчання, продуктивність та інтерпретація	44
2.3 Застосування Random Forest та XGBoost у прогнозуванні інфляції та макромоделюванні.....	45
2.4 Переваги ансамблевих методів над класичними економетричними моделями.....	47
2.5 Джерела даних та період дослідження.....	49
2.6 Емпірична методологія аналізу інфляції.....	51

2.6.1 Узгодження частоти та трансформація даних.....	55
2.6.2 Формування ознак.....	56
2.6.3 Перевірка стаціонарності.....	59
2.8 Початкове навчання моделей та перевірка якості.....	62
2.9 Точність моделей (MAE, RMSE, R ²).....	63
2.10 Порівняння фактичного рівня річної споживчої інфляції в Україні з прогнозними значеннями.....	64
2.11 Оцінка важливості факторів з допомогою моделі XGBoost.....	67
2.12 Пороговий аналіз впливу інфляції на економічне зростання.....	71
2.12.1 Оцінка моделі порогу Хансена з одним порогом.....	71
2.12.2 Два пороги: оцінка трирежимної моделі Хансена.....	74
РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ МОНЕТАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА	
УЗАГАЛЬНЮЮЧІ ВИСНОВКИ.....	80
3.1. Важливість порогового рівня інфляції для монетарної політики....	80
3.2. Аналіз інфляції та економічного зростання на основі даних НБУ та Світового банку.....	81
3.3. Пороговий рівень інфляції для України в сучасних умовах.....	84
3.4. Міжнародний досвід контролю інфляції: висновки для досягнення толерованого рівня.....	85
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

ВСТУП

Актуальність дослідження. Інфляція продовжує бути одним із головних викликів для макроекономічної стабільності України. Національний банк України (НБУ) прагне утримувати інфляцію на рівні близько 5 % у середньостроковій перспективі, однак в умовах війни, супутньої макроекономічної нестабільності та глобальних шоків ціни зростають значно швидше. На сьогодні вкрай актуальним є визначення такого рівня інфляції, який можна вважати допустимим (толерованим) для України без істотної шкоди для економічного розвитку.

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є визначення такого граничного рівня інфляції, перевищення якого спричиняє уповільнення темпів зростання реального ВВП України.

Для досягнення цієї мети поставлено такі основні завдання:

1. Зібрати та підготувати квартальні ряди ключових макроекономічних показників України (реальний ВВП, індекс споживчих цін тощо).
2. Застосувати класичну модель порогової регресії за Б. Хансеном для оцінювання критичного рівня інфляції.
3. Використати методи машинного навчання (алгоритми Random Forest, XGBoost) з метою виявлення нелінійних взаємозв'язків між інфляцією та економічним зростанням.
4. Порівняти отримані результати (оцінені пороги інфляції) та проаналізувати ефективність побудованих моделей.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є макроекономічна динаміка України, особливо взаємозв'язок між рівнем інфляції та темпами економічного зростання. Предмет дослідження –

порогові ефекти інфляції, які окреслюють межу між її стимулюючим та стримуючим впливом на економічний розвиток.

Методи дослідження. Методи дослідження ґрунтуються на поєднанні класичних економетричних підходів із сучасними комп'ютерними методами аналізу даних. У роботі використано порогову регресію (модель Б. Хансена) для оцінки рівня інфляційного порогу, а також алгоритми машинного навчання Random Forest та XGBoost для виявлення нелінійних взаємозв'язків між макроекономічними показниками. Крім того, застосовано традиційні статистичні методи обробки даних і аналітичні підходи для інтерпретації отриманих результатів.

Інформаційна база дослідження. Інформаційна база дослідження охоплює офіційні макроекономічні дані України та міжнародні статистичні джерела. Зокрема, використано показники Державної служби статистики України та Національного банку України, а також дані Міжнародного валютного фонду (МВФ) і Світового банку.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дослідження полягає у застосуванні комбінованого підходу до визначення оптимального рівня інфляції для України, що поєднує класичні економетричні методи і сучасні алгоритми машинного навчання. У цій роботі вперше для української економіки комплексно використано порогову регресію Б. Хансена разом із ансамблевими моделями машинного навчання (Random Forest та XGBoost) для виявлення порогового ефекту інфляції. Така комбінація методів дозволила кількісно оцінити критичне значення інфляції та одночасно перевірити отримані результати різними підходами, що підвищує надійність висновків.

Отримані результати розширюють наукові уявлення про межі толерованої інфляції в сучасних умовах України.

Практичне значення роботи. Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що вони можуть бути безпосередньо використані для вироблення економічної політики. Визначений у дослідженні пороговий рівень інфляції доцільно враховувати Національному банку України при встановленні цілей монетарної політики та перегляді інфляційних орієнтирів. Знання толерованого рівня інфляції також є корисним для урядових структур під час планування антиінфляційних заходів, формування державного бюджету та макроекономічного прогнозування. Крім того, експерти-аналітики можуть спиратися на висновки роботи при оцінці ризиків перегріву економіки та підготовці рекомендацій щодо забезпечення стійкого економічного зростання і цінової стабільності.

Структура роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Основний зміст викладено у трьох розділах, що відповідають поставленим завданням. Перший розділ висвітлює теоретичні засади проблеми: аналізується вплив інфляції на економічне зростання, розглядається поняття порогового рівня інфляції, а також узагальнюються результати попередніх досліджень і методологічні підходи до моделювання порогових ефектів. Другий розділ присвячений методології та емпіричному аналізу: описано структуру і джерела даних, проведено оцінювання порогової регресії для України, а також побудовано та налаштовано моделі Random Forest і XGBoost для дослідження нелінійного впливу інфляції на ВВП. Третій розділ містить результати визначення порогового рівня інфляції для України та їх інтерпретацію в контексті монетарної політики; здійснено порівняння

отриманих висновків з міжнародним досвідом контролю інфляції й наведено практичні рекомендації щодо досягнення і підтримання толерованого рівня інфляції.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВОГО РІВНЯ ІНФЛЯЦІЇ

1.1 Еволюція поглядів на природу інфляції: від кількісної теорії до монетарного кейнсіанства

Інфляція є одним із ключових макроекономічних явищ, що суттєво впливає на економічну стабільність, розподіл ресурсів та загальний добробут населення. Її визначення, причини та наслідки по-різному інтерпретуються у межах основних економічних шкіл — зокрема монетаристського та кейнсіанського підходів.

З точки зору монетаристської теорії, інфляція інтерпретується передусім як монетарне явище, зумовлене надмірною емісією грошей порівняно з обсягом вироблених товарів і послуг. Найвідоміше визначення запропонував Мілтон Фрідман, який зазначав, що «інфляція завжди й всюди є монетарним явищем» [1]. У цій парадигмі зростання грошової маси, яке перевищує темпи зростання реального ВВП, спричиняє знецінення валюти та загальне зростання цін. Основним інструментом стримування інфляції виступає жорстка монетарна політика центрального банку, яка контролює грошову пропозицію та процентні ставки [2].

Натомість кейнсіанський підхід трактує інфляцію як структурне і функціональне явище, що виникає внаслідок взаємодії між попитом, пропозицією та динамікою доходів. У межах цього підходу інфляція розглядається як наслідок зростання сукупного попиту у відносно не гнучкому середовищі виробництва, особливо у фазах економічного підйому, тоді формується «інфляція попиту»; за шоків витрат (зарплати, ціни на сировину) – «інфляція витрат» [3]. Важливою характеристикою

кейнсіанського підходу є визнання ролі номінальних зарплат, ринкової структури, очікувань та соціально-політичних факторів у процесі формування цін [4].

Сучасна версія кейнсіанського підходу — монетарний кейнсіанізм — зазначає, що гроші не є нейтральним елементом, а виступають активом, який безпосередньо впливає на розподіл ресурсів, рівень інвестицій, зайнятість і процентні ставки. Таким чином, інфляція, з точки зору цього підходу, є результатом макроекономічної нестабільності, яка вимагає узгоджених дій як монетарної, так і фіскальної діяльності для підтримки довіри до валюти та забезпечення її функції як засобу збереження вартості [6].

Також варто розглянути нелінійні ефекти інфляції, та чому «пороговий» рівень може бути критичним. Крім класичних лінійних уявлень про інфляцію, сучасні дослідження все частіше звертають увагу на її нелінійний характер. Концепція “порогової інфляції” стверджує, що помірні темпи (нижче певної межі) можуть бути відносно безпечними чи навіть стимулюючими, тоді як перевищення критичного рівня активує кумулятивні негативні ефекти – розкручування інфляційних очікувань, девальваційний тиск, втрату довіри до валюти [7]. Емпірично порогові значення для розвинених країн оцінюються на рівні $\approx 2\%$, а для економік, що розвиваються, – у діапазоні $\approx 7\text{--}11\%$ [8].

У кейнсіанській логіці, інфляція має множинні джерела та динаміку: це і попитова інфляція внаслідок надлишкового попиту, і «витратна» інфляція, викликана зростанням виробничих витрат, зокрема зарплат і цін на сировину. Коли інфляція досягає критичного порогу, в дію вступають вторинні ефекти — зростають очікування подальшого зростання цін, формується інфляційна спіраль, а валюта втрачає функцію збереження

вартості. У такій ситуації реакція суспільства, у вигляді зростаючих вимог щодо зарплати лише посилює інфляцію.

Особливо небезпечним є ефект знецінення валюти в умовах відкритої економіки, що призводить до зростання цін на імпорт, збільшення інфляційного тиску, через механізм pass-through та впливу капіталу [9]. Монетарний кейнсіанський підхід наголошує на тому, що деградація валюти, як активу у результаті надмірної емісії або фіскальної експансії, без належної оцінки ризиків може спричинити втрату довіри до Центрального банку та нестабільність на фондових ринках [10].

Таким чином, сучасний аналіз інфляції надає змогу визначити нелінійні наслідки грошової експансії. Це підкреслює необхідність гнучкого і обережного макроекономічного управління, орієнтованого не лише на кількісні індикатори, але й на очікування, якість валюти та довіру до державних інституцій.

1.2. Теорії взаємозв'язку між інфляцією і економічним зростанням: класичні дослідження Фішера, Бруно та Барро щодо оптимального рівня інфляції

Вивчення взаємозв'язку між інфляцією та економічним зростанням є центральною темою макроекономіки, оскільки саме цей зв'язок визначає рамки релевантності монетарної експансії, ефективності політики центрального банку, а також баланс між ціновою стабільністю та стимулюванням розвитку. Питання полягає не лише в тому, чи шкідлива інфляція для зростання, а в якому саме діапазоні значень вона є нейтральною або навіть корисною. Особливий внесок у формалізацію цих

взаємозв'язків зробили класичні дослідники — Ірвінг Фішер, Майкл Бруно та Роберт Барро.

Першим системним підходом до вивчення інфляції у зв'язку з макроекономічними змінними є модель Ірвінга Фішера, відома як “ефект Фішера” [20]. У своїй роботі *The Rate of Interest* (1907) Фішер стверджував, що номінальна ставка процента дорівнює реальній ставці плюс очікувана інфляція. Отже, інфляція безпосередньо впливає на дисконт-фактор, змінюючи поведінку інвесторів і споживачів. Хоча дослідження Фішера не містили прямих висновків щодо впливу інфляції на економічне зростання, його модель заклала фундамент для пізніших робіт про інфляційні очікування, вартість капіталу та ефективність інвестування.

Вагомий внесок у розуміння взаємозв'язку між інфляцією та зростанням належить Майклу Бруно та Вільяму Істерлі, які у своїх емпіричних дослідженнях 1990-х років вперше запропонували концепцію “інфляційного порогу” [21]. Вони зібрали дані більш ніж зі 100 країн за кілька десятиліть і дійшли висновку, що:

Інфляція нижче рівня 20–25% річних зазвичай немає статистично значущого негативного впливу на економічне зростання, тоді як перевищення цього порогу часто супроводжується уповільненням економічної динаміки, зростанням волатильності та погіршенням інвестиційного клімату. До прикладу, у Чилі 1970-х інфляція стабілізувалася з 508 % до 20 % протягом трьох років після переходу до таргетування грошової бази; саме після перетину порогу країна повернулася до сталого зростання [22].

Бруно підкреслював, що помірна інфляція може бути побічним ефектом високих темпів зростання, а не його причиною. Водночас висока

інфляція, більше 30–40%, руйнує механізми заощадження, інвестування та довгострокового планування. Звідси можна зробити висновок, що оптимальний рівень інфляції не є універсальним, а залежить від інституційної якості, рівня розвитку та макроекономічної політики країни.

Інший вагомий внесок належить Роберту Барро, представнику неокласичного напрямку. У своїй низці робіт, зокрема у “*Determinants of Economic Growth*” (1997), він розглядав інфляцію як один із факторів, що діє на економічне зростання через механізм “інфляційного податку” [23]. Ідея Барро полягала в тому, що інфляція знижує реальну вартість грошей, стимулюючи економічні агенти тримати менше готівки та більше споживати в короткостроковому періоді, зменшуючи тим самим накопичення капіталу.

Барро дійшов висновку, що кожне додаткове 10% інфляції зменшує темпи зростання на 0,2–0,3 процентного пункту. Найсильніше цей ефект проявляється у країнах із низькою якістю інститутів, де відсутня довіра до центрального банку [24]. Таким чином, він наполягав на доцільності стриманої монетарної політики, особливо в країнах, що розвиваються. Його підхід був критикований пост кейнсіанцями за надмірну абстракцію та зневагу до контексту кризи чи безробіття, однак методологічно ця робота заклала основи для політики “інфляційного таргетування”, яка з 1990-х стала домінуючою у практиці центральних банків. У Бразилії 1980-х середньорічна інфляція 250 % корелювала з падінням інвестиційної норми нижче 15 % ВВП; щойно Real Plan знизив інфляцію до однозначних цифр, темпи капіталовкладень відновилися.

Усі наведені дослідження демонструють, що зв'язок між інфляцією та зростанням є не лінійним та контекстно зумовленим. Існує консенсус:

1. Гіперінфляція однозначно гальмує зростання;

2. Помірна позитивна інфляція (2–3 %) сприяє уникненню дефляційної пастки та забезпечує маневр для монетарної політики (саме на такий рівень орієнтуються ФРС, ЄЦБ, Банк Англії) [25];
3. Оптимальний поріг змінюється залежно від ступеня фінансового розвитку, фіскальної дисципліни та довіри до інститутів.

В українських умовах НБУ таргетує $5\% \pm 1$ в.п.; однак результати порогових оцінок (див. розд. 2) свідчать, що стійке зростання можливе вже при річній інфляції $\approx 7\%$, що узгоджується з емпіричними висновками зробленими Бруно-Істерлі для країн із перехідною економікою.

1.3. Нова аналітична модель інфляції: феномен фінансової насиченості та стійке зростання

Нова концепція розуміння інфляції в контексті сталого економічного зростання, побудована навколо ключового макроекономічного механізму — фінансової насиченості. Пропонує розширену (агреговану) модель інфляції, яка інтегрує класичні підходи (монетаристський, кейнсіанський, австрійський), концепцію інфляційної бульбашки, та використовує модель обмеженого зростання як ключову динамічну структуру [26].

Фінансова насиченість — це стан ринку, коли інвестиційний потік досягає межі потенційного ВВП (K_{\square}) або рівня повної зайнятості. Автори стверджують, що в такій економіці прибутковість інвестицій не падає (як передбачають класичні моделі), а, навпаки, зростає, формуючи парадокс насиченості. Це зумовлено ефектами дефіцитного ринку, підвищеними очікуваннями і посиленням позитивного зворотного зв'язку.

Це явище описується через модифіковану модель складного відсотка з параметром насичення (K_0), яка ілюструє обмежене, але «вибухове» зростання інфляційного тиску при досягненні критичних порогів.

Інфляційна бульбашка виникає, коли насичення досягає критичного рівня, а позитивний фідбек підживлює інфляційні очікування, інвестиційний бум та споживчий попит. Такий стан є нестійким, оскільки:

1. Прибутковість зростає гіперболічно;
2. Економіка входить у фазу перегріву;
3. Спрацьовує інфляційна спіраль;
4. Ринок стає чутливим до коливань попиту/пропозиції.

У точці перенасичення обвал бульбашки є неминучим, що веде до нестабільності або інфляційного шоку. Модель пов'язує інфляцію з досягненням або перевищенням потенційного рівня ВВП, тобто моменту, коли ресурси повністю задіяні. Подальше стимулювання (фіскальне чи монетарне) стає контрпродуктивним, провокуючи збільшення бульбашки, а не реальне зростання.

Звідси випливає ключовий висновок: кероване економічне зростання можливе лише при балансі між інвестиційною активністю, споживчим попитом та виробничим потенціалом. Надмірне стимулювання за відсутності «запасу продуктивності» веде до інфляції, а не розвитку.

Модель базується на модифікованому рівнянні складного відсотка:

$$K = \frac{K \cdot K_0 (1+i)^t}{K - K_0} + K_0 (1+i)^t \quad (2.1)$$

де K_0 — початкові інвестиції;

i — ставка доходності;

K_0 — граничне значення (наприклад, потенційний ВВП)

Таблиця 1.1

Ознаки фази перегріву

Ознака	Прояв на мікроринку	Макроекономічний ефект
Дисбаланс S–D	Попит > пропозиції при статичних потужностях	Прискорення CPI та PPI
Ескалація очікувань	Переоцінка активів, «herding»	Збільшення співвідношення ціна/прибуток, кредитний бум
Ціново-зарплатна спіраль	Індекс середньої зарплати w > темп продуктивності	Зсув Phillips-кривої вгору

Джерело: складено автором на основі даних [26, 27, 28].

Коли інвестиційний потік K_0 наближається до граничного значення K_p , що відбиває потенційний ВВП, гранична дохідність капіталу зростає

майже експоненційно. Активи демонструють гіпер прибутки, а інвестори дедалі більше схильні переносити кошти з продуктивних проектів у спекулятивні ніші, сподіваючись зафіксувати швидкий приріст вартості. У цій фазі фінансового насичення ринок входить у стан перегріву: сукупний попит стрімко випереджає обмежену пропозицію, очікувана дохідність підживлює нові раунди кредитування, а заробітні плати й ціни на ресурси починають рухатися по висхідній спіралі. Локальні дефіцити (мікробульбашки) в окремих сегментах – від житлової нерухомості до IT-активів – поєднуються у цілісну макроінфляційну бульбашку, що роздуває індекс споживчих цін швидше за історичний тренд [26].

У такому середовищі класичні монетарні інструменти, зокрема підвищення облікової ставки, помітно втрачають ефективність. По-перше, рішення центрального банку запізнюються відносно кредитно-цінового циклу, тож підвищення ставки відбувається, коли домогосподарства та фірми вже накопичили довгострокові борги за фіксованими ставками. По-друге, надлишок ліквідності стимулює короткострокову оптимізацію прибутку, а отже чутливість попиту до вартості запозичень падає. По-третє, нестабільні очікування – «стрімголов за прибутковістю» – руйнують традиційну трансмісію «ставка політики в довгі ринкові ставки, які перетікають в інвестиції» [27].

З огляду на це сучасна література рекомендує зміщувати акцент із класичних монетарних заходів на макропруденційні інструменти [28]. Насамперед йдеться про жорсткі ліміти LTV/DTI для іпотечних та споживчих кредитів, контингентні резервні вимоги, що зростають синхронно з кредитним бумом, циклічні бюджетні правила для урядових видатків і «cooling-off»-механізми на ринку первинного розміщення акцій. Оцінки BIS свідчать: комбінація жорстких LTV-норм і підвищених резервів

у фазі перегріву скорочує амплітуду наступного кредитно-цінового спаду майже на третину для групи з 22 країн.

Із погляду парадигми сталого зростання інфляція, породжена насиченням, має сприйматися не лише як макроекономічна загроза, а й як ранній індикатор того, що економіка впритул підійшла до межі потенційного колапсу. Своєчасна ідентифікація точки $K=K_p$ дозволяє уникнути глибоких рецесій, зберегти довіру до національної валюти та спрямувати ресурси у проекти з довгою горизонталлю окупності. Порівняння кейсів Ісландії (2005 – 2008): відсутність превентивних обмежень спричинила втрату $\approx 11\%$ ВВП після обвалу бульбашки [28]; Також Китай (2015 – 2017): запровадження циклічних коефіцієнтів резервування та «cooling-off» на IPO обмежило спад до $\approx 4\%$ ВВП [29].

. Таким чином, фінансова насиченість — це «точка біфуркації» між стабільним зростанням і деструктивним інфляційним сценарієм. Своєчасні макропруденційні заходи дозволяють перенаправити ресурси з короткострокових спекулятивних ніш у проекти з вищою соціальною віддачею та довшим горизонтом окупності, підтримуючи траєкторію сталого розвитку.

1.4. Поняття «threshold effect»: теоретичний огляд і значення для інфляційної динаміки

Пороговий ефект (англ. *threshold effect*) фіксує нелінійність взаємозв'язку між інфляцією та реальним зростанням, описуючи ситуацію, за якої вплив економічного показника змінюється після досягнення певного критичного рівня. У контексті інфляції це означає, що до певного

рівня інфляція може бути нейтральною або позитивною для економічного зростання, проте після досягнення «порогу» — негативною, іноді різко.

Це явище підкреслює нелінійність зв'язку між інфляцією та ВВП: економічне зростання може бути стабільним або навіть посиленим при низькій інфляції, однак висока інфляція (або гіперінфляція) викликає макроекономічну дестабілізацію, зниження довіри до валюти, падіння інвестицій і споживання.

Розглядаючи теоретичний механізм формування порогів, виокремлюють три наступні гіпотези:

1. Гіпотеза “інфляційного податку”: високі темпи інфляції знецінюють готівку, підштовхуючи економічних агентів до скорочення заощаджень і підвищення трансакційних витрат — *ефект Барро–Гордона* [30].
2. Меню-витрати та інформаційна асиметрія спричиняють дисперсію цін, дезорієнтують інвесторів і погіршують алокацію ресурсів (*Fischer-Sarel*-канал) [31], [32].
3. Номінальні жорсткості (контракти, мінімальні зарплати) перешкоджають швидкому коригуванню реальних змінних; у зоні високої інфляції спрацьовує *ціново-зарплатна спіраль*, що самопосилюється.

Важливий внесок у формалізацію цієї концепції зробили Bruno & Easterly, які довели, що зв'язок між інфляцією та зростанням стає негативним при перевищенні порогу в 40% інфляції (Bruno & Easterly, 1998). Подальші дослідження, зокрема Khan & Senhadji (2001), уточнили, що для розвинених країн поріг становить приблизно 1–3%, а для країн, що розвиваються — 7–11%. У роботі Ndoricimpa (2017) надано доказ того, що африканські країни мають свої унікальні порогові рівні, що залежить від

інституційної спроможності, політики центрального банку та історичної інфляційної динаміки [33].

Chu, Sek & Ismail (2019) на прикладі 18 розвинених країн підтвердили наявність статистично значущого порогового ефекту, застосовуючи динамічну панельну регресію. Вони вказують на інверсію впливу інфляції, коли після певного рівня (зазвичай 2–3%) інфляція починає пригнічувати зростання [34]. Azam & Khan (2022) наголошують, що вплив інфляції є неоднаковим у розвинених і країнах, що розвиваються, і вказують на структурну вразливість, яка знижує поріг негативного впливу [35].

Розуміння ефекту порогу має критичне значення для монетарної політики. Політики центральних банків повинні враховувати, що надмірне стимулювання економіки через грошову емісію може спровокувати перехід інфляції через пороговий рівень, після чого її вплив стане негативним. Це обґрунтовує існування інфляційних цільових показників (зазвичай 2%) як оптимальних орієнтирів, що дозволяють уникати переходу у зону макроекономічного ризику.

1.5. Пороговий рівень інфляції в розвинених економіках: емпіричні межі та макроекономічні наслідки

У країнах з високим рівнем інституційного розвитку, стабільною фінансовою системою та довірою до центрального банку оптимальний пороговий рівень інфляції є значно нижчим, ніж у державах, що розвиваються. Ранні дослідження показали, що існує граничне значення інфляції, перевищення якого різко гальмує зростання економіки. Зокрема, Бруно та Істерлі виявили, що для країн з історично високою інфляцією

таким порогом була річна інфляція близько 40%, вище якої економічне зростання практично припиняється [21]. Подальші роботи уточнили ці межі: так, Ханн і Сенаджі (2001) оцінили, що для індустріально розвинених країн поріг становить приблизно 1–3%, тоді як для країн, що розвиваються, – близько 11% [8]. Низький рівень інфляції в розвинених економіках пояснюється тим, що навіть помірне прискорення цін може розхитати інфляційні очікування, спричинити коливання на фінансових ринках і негативно вплинути на ринок праці.

Емпіричні дослідження підтверджують існування такого низького порогу. Зокрема, на основі панельних даних 18 розвинених країн встановлено, що граничний рівень інфляції становить близько 2%: інфляція нижче цього рівня має нейтральний або слабо позитивний вплив на темпи зростання ВВП, але після перевищення порогу вплив інфляції стає негативним і статистично значущим [36]. Інші автори також знаходять типовий для розвинених економік діапазон порогової інфляції 1–3%, що істотно менше, ніж у країнах, що розвиваються [35]. Важливими чинниками такої «низької толерантності» до інфляції є високий початковий рівень доходів та стабільність монетарної політики, які підвищують чутливість економіки до навіть невеликого зростання цін [35]. Наприклад, дослідження Vinayagathan (2013), присвячене азійським країнам, виявило порогове значення інфляції близько 5,4%, перевищення якого уповільнює економічне зростання через падіння довгострокових інвестицій та зниження довіри до цінової стабільності [37]. Хоча цей поріг для деяких країн Азії вищий за 2%, він усе одно залишається відносно низьким і підтверджує, що розвинуті економіки не витримують тривалої високої інфляції без втрат для ВВП.

Після проходження порогу інфляції у розвинених країнах спостерігаються чіткі негативні механізми впливу на економіку. По-перше, зростає премія за ризик у фінансових активах, що стримує інвестиції.

По-друге, посилюється невизначеність щодо майбутньої політики центрального банку, що погіршує інвестиційні очікування. По-третє, прискорення інфляції підвищує невизначеність реальної заробітної плати, ускладнюючи довгострокові трудові контракти. Нарешті, дорожчання базових споживчих товарів підсилює соціальний тиск та вимоги до соціальної політики держави. Сукупний ефект цих чинників полягає у тому, що інфляція, перевищивши критичну межу, підриває макроекономічну стабільність і довгостроковий потенціал зростання.

Розуміння порогового рівня інфляції, таким чином, має критичне значення для монетарної політики. Недарма більшість центральних банків розвинених країн (зокрема, ЄЦБ та ФРС) встановлюють цільовий рівень інфляції близько 2% – цей орієнтир базується на численних емпіричних оцінках оптимального порогу, що дозволяє уникнути переходу інфляції в зону макроекономічного ризику [39]. Історичний приклад підтверджує таку обережність: у 1970-х роках багато розвинених країн стикнулися з інфляцією 5–10% річних, що супроводжувалося стагнацією економіки та падінням реальних доходів [5]. Підвищена невизначеність щодо цін перетворила бізнес-рішення на спекуляцію відносно майбутньої монетарної політики [5]. Цей досвід “стагфляції” продемонстрував, що навіть відносно невисока за історичними мірками інфляція (на рівні однозначних чисел) може мати серйозні негативні наслідки для розвиненої економіки, якщо перевищує оптимальний поріг. Саме тому центральні банки цих країн прагнуть утримувати інфляцію на низькому стабільному рівні, близькому до визначеного порогового значення

1.6. Пороговий рівень інфляції в економіках, що розвиваються: емпіричні межі та наслідки

Вплив інфляції особливо критичний для країн, що розвиваються, у яких макроекономічна стабільність є вразливішою, а інституції – менш потужними. Багато досліджень демонструють, що толерований поріг інфляції в таких економіках вищий, ніж у розвинених державах [35]. Так, у рамках країнознавчих робіт було виявлено суттєві відмінності порогових значень. Зокрема, для економіки Пакистану поріг інфляції оцінено на рівні близько 9 %: інфляція нижче цієї межі стимулює економічне зростання, тоді як перевищення рівня 9 % вже істотно уповільнює приріст ВВП [40]. Дослідження африканських країн показало середній поріг близько 7,9 %, проте для різних підрегіонів Африки ці значення відрізняються залежно від якості інституцій та історичного досвіду з інфляцією [33].

Широкий панельний аналіз, що охоплює 27 країн, підтверджує цю розрізненість: для групи економік, що розвиваються, граничний рівень інфляції знаходиться в діапазоні 7–11 %, тоді як для розвинених країн він значно нижчий – близько 1–3 %. При цьому вплив інфляції виявляється нелінійним та асиметричним: нижче порогу помірної інфляція може сприяти зростанню, але при перевищенні критичного рівня негативні наслідки для економіки різко посилюються.

Отже, хоча загалом толерантність до інфляції у країнах, що розвиваються, вища, ніж у розвинених, вона *не є однаковою* для всіх: вирішальну роль відіграють структурні особливості, інституційна спроможність та попередній інфляційний досвід конкретної країни.

На відміну від стабільних розвинених економік, для більшості країн, що розвиваються, допустимий пороговий рівень інфляції дійсно є вищим – приблизно 6–8 % за оцінками окремих дослідників [8]. Це зумовлено кількома факторами:

1. *Вища структурна інфляція.* Недосконалість товарних ринків та логістики генерує базовий ціновий тиск [7].
2. *Залежність від імпорту базових товарів.* Зовнішні цінові шоки (нафта, продовольство) підвищують внутрішні ціни швидше, ніж у розвинених країнах [41].
3. *Менш стабільні валюти та ширший монетарний коридор.* Центральні банки змушені толерувати ширші коливання інфляції, аби не загальмувати зростання [42].

Практичні приклади підтверджують існування вищого порога інфляції в цих країнах. Так, у В'єтнамі офіційний цільовий показник інфляції на 2025 р. становить 4–5 %, і навіть при прискоренні інфляції до ≈ 7 % істотного впливу на темпи зростання ВВП не спостерігалось. Водночас перевищення таких порогових значень спричиняє серйозні макроекономічні дисбаланси. Приміром, у Бразилії в 2015–2016 рр. інфляція понад 10 % збіглася з глибокою рецесією: реальні доходи впали, інвестиції скоротилися майже на 30 %, безробіття різко зросло [44]. Отже, порогові рівні інфляції виступають важливими орієнтирами для формування ефективної монетарної політики у країнах, що розвиваються. Центральні банки таких держав мають *адаптувати стратегії інфляційного таргетування* до національної специфіки, встановлюючи власні оптимальні діапазони інфляції, які підтримують зростання й водночас запобігають макроекономічній дестабілізації.

1.7. Негативні наслідки надмірної інфляції для економічного зростання та зайнятості

Дослідження макроекономічної динаміки переконливо свідчать, що надто високий рівень інфляції має переважно негативний вплив на темпи економічного зростання та показники ринку праці. Цей вплив особливо сильний у країнах із нестійкими інституціями або слабкими антиінфляційними механізмами, де прискорення інфляції швидко підриває довіру та породжує економічні дисбаланси.

Одним із ранніх ґрунтовних досліджень у цій сфері була робота *Бенедикта Брауманна*, який проаналізував 23 епізоди високої інфляції у 17 країнах світу. Він виявив, що стійка інфляція стримує реальний ВВП, інвестиції та зайнятість: у середньому в періоди гіперінфляції реальні доходи й виробництво суттєво скорочувалися [45]. Автор підкреслив, що інфляція підриває купівельну спроможність населення, спотворює цінові сигнали для бізнесу та підвищує невизначеність, що разом призводить до зниження економічної активності [46].

Подібних висновків дійшли Са'їду та Мухаммад (2015), дослідивши взаємозв'язок між інфляцією і реальним ВВП: вони зафіксували стійкий обернено пропорційний зв'язок і наголосили, що стримування інфляції має бути пріоритетом для забезпечення довгострокового економічного зростання [46].

Сучасні емпіричні роботи лише підтверджують цю тезу. Наприклад, *Mazikana* (2023) зазначає, що висока інфляція чинить як короткостроковий, так і довгостроковий негативний ефект на темпи зростання ВВП, особливо

за несприятливих інституційних умов [47]. Автор пояснює, що двознакові темпи інфляції створюють невизначеність щодо майбутніх цін, що знижує мотивацію бізнесу інвестувати та планувати розвиток.

Дослідження *Гілмана, Гарріса і Мат'яша* (2004) підтверджують наявність негативного нелінійного зв'язку між інфляцією та економічним зростанням: навіть відносно помірні рівні інфляції (10–15 % на рік) можуть призвести до сповільнення ВВП, якщо їм супроводжує макроекономічна нестабільність або низька довіра до грошово-кредитної політики [48].

В іншому сучасному аналізі (*Bhawmick, Akter & Haque, 2023*) на прикладі економіки Бангладеш зроблено висновок, що інфляція є значущим негативним чинником для динаміки ВВП: зростання цін скорочує реальний споживчий попит і змушує економічних агентів перерозподіляти витрати на користь короткострокового споживання, жертвуючи інвестиціями у майбутнє [49].

З точки зору ринку праці висока інфляція також має здебільшого несприятливі наслідки. Інфляційне зростання цін створює невизначеність у формуванні реальних зарплат і підриває їхню купівельну спроможність; у результаті скорочується реальний попит і, відповідно, попит на робочу силу. Крім того, інфляція часто провокує інфляційно-зарплатну спіраль. Дослідження *Shiferaw* (2023) показує, що інфляція опосередковано впливає на зайнятість – особливо серед жінок та молоді – через уповільнення реального економічного зростання та посилення невизначеності [50].

Таким чином, консенсус проведених досліджень зводиться до того, що надмірна інфляція є шкідливою для економіки. Вона виступає своєрідним «податком» на володіння грошима, спотворює стимули до

заощадження, інвестування й праці та провокує соціально-економічні ризики. Концепція порогової інфляції конкретизує цю ідею, вказуючи, до якого граничного рівня зростання цін може бути відносно безболісним, а після якого – починаються відчутні втрати у виробництві та добробуті.

1.8. Методологічні засади порогового моделювання в економіці

Для виявлення та кількісного оцінювання порогових ефектів інфляції в економічному зростанні використовують спеціальні економетричні підходи. Одним із найпоширеніших інструментів є порогова регресія – модель, у якій параметри впливу пояснювальних змінних на залежну змінюються при досягненні певного порогового значення. Інакше кажучи, порогова модель дозволяє ендогенно визначити точку, після якої характер взаємозв'язку між показниками змінюється. Формально однопорогова регресійна модель можна записати як дві різні регресійні залежності для двох режимів – до і після порогового значення певної змінної. В кожному режимі коефіцієнти регресії відрізняються, що й відбиває структурну зміну в моделі при перетині порогу. Розвиток теорії порогового моделювання започаткували ще в 1960-х роках. Першу статистичну реалізацію таких моделей запропонував Дажене (1969), описавши підхід *static threshold regression* [51]. Починаючи з класичної праці, яка ввела поняття порогового зрушення в економічних змінних, метод отримав подальший розвиток у працях Hansen (2000), де було запропоновано чіткий метод оцінки порогу (γ) та довірчих інтервалів з використанням бутстрепінгу.

Порогова регресія — це модель, де розподіл впливу регресорів на залежну змінну змінюється в залежності від значення певної порогової змінної. Стандартна однопорогова модель виглядає так:

$$y_t = \begin{cases} \beta_1 x_t + \varepsilon_t, & \text{якщо } q_t \leq \gamma \\ \beta_2 x_t + \varepsilon_t, & \text{якщо } q_t > \gamma \end{cases} \quad (2.2)$$

де q_t — порогова змінна,

γ — порогове значення,

β_1, β_2 — коефіцієнти в різних режимах.

Сьогодні можна виділити кілька ключових різновидів порогових моделей, які застосовуються в макроекономіці:

1. Авторегресійні порогові моделі (TAR). Вперше запропоновані Хоуеллом Тонгом, ці моделі використовуються для аналізу часових рядів. Вони допускають, що динаміка показника (наприклад, інфляції) може змінюватися, коли сам показник або інша змінна перевищує певний рівень.
2. Порогові моделі для панельних даних. Б. Хансен у класичній праці (1999) розробив методику оцінювання порогової регресії на панельних даних [52]. Пізніше цю методику застосували для різних економік; зокрема, Кремер і співавт. (2013) успішно використали панельну порогову модель для визначення ефекту інфляції на зростання, отримавши різні пороги для груп країн з різним рівнем розвитку.
3. Динамічні панельні порогові моделі. Цей підхід, запропонований пізніше (Chu et al., 2019), поєднує порогову регресію з динамічною панельною оцінкою, враховуючи лагові ефекти залежної змінної. Він

є особливо корисним у випадках, коли вплив інфляції на ВВП залежить не лише від поточного рівня інфляції, а й від попередніх значень зростання або інших динамічних аспектів [34].

4. Порогові моделі з ендегенним визначенням границь. Новітні методи (напр. Yu & Fan, 2021) зосереджені на одночасному оцінюванні самого порогового значення та інших параметрів моделі. Вони дозволяють будувати довірчі інтервали для порогу та перевіряти його стабільність за допомогою бутстреп-методів тощо [54].

Застосування таких моделей дає змогу виявити порогові значення в економічних залежностях – зокрема, визначити критичний рівень інфляції, перевищення якого змінює вплив на ВВП. Більш того, порогові моделі використовують не лише для інфляції: вони знайшли застосування в аналізі впливу державних видатків, боргу, прямих іноземних інвестицій та інших змінних на економічне зростання. Приміром, Huang et al. (2008) досліджували, чи сприяє споживання енергії зростанню – і виявили наявність порогу: лише після досягнення певного рівня енергоспоживання його вплив на ВВП стає позитивним [54]. Wang & Hsu (2008) показали, що ефект прямих іноземних інвестицій на зростання залежить від початкового рівня доходу країни: існує поріг розвитку, за умови досягнення якого інвестиції починають давати суттєвий поштовх економіці [55]. Van Dinh (2022) продемонстрував, що і фіскальна політика може мати пороговий характер: вплив державних видатків на економічне середовище змінюється в залежності від рівня державного боргу (перевищення певного співвідношення боргу до ВВП переводить економіку в інший режим реагування на бюджетні стимули) [56].

Порогові регресійні моделі мають ряд методологічних переваг, що робить їх цінними для економічних досліджень. По-перше, вони здатні

ендогенно визначати критичні точки – порогові значення економічних змінних, за межами яких змінюється напрям або сила їх впливу. Це дозволяє виявляти структурні злами або зміни режимів, непомітні для традиційних лінійних моделей. По-друге, такі моделі краще фіксують нелінійні зв'язки між макроекономічними показниками, ніж прості лінійні специфікації: наприклад, дозволяють побачити, що до певного рівня інфляція може сприяти зростанню, але далі – гальмує його. По-третє, порогові моделі є універсальними щодо типів даних: їх можна застосовувати до часових рядів, панелей та перехресних вибірок, що розширює сферу емпіричних застосувань. По-четверте, результати порогового аналізу мають пряму практичну цінність для економічної політики – моделі сигналізують про небезпечні рівні інфляції, боргу чи інших індикаторів ще до того, як негативні наслідки повністю реалізуються. Такі моделі дозволяють враховувати асиметричні ефекти та різні фази циклу: аналіз, чутливий до режиму (до або після порогу), допомагає дослідити, як політика діє за різних умов (скажімо, у фазі «перегріву» економіки проти фази спаду).

Водночас існують і методологічні виклики при використанні порогового моделювання. По-перше, центральною проблемою є вибір правильної порогової змінної та обґрунтування її ролі. Якщо дослідник помилково визначить змінну, за якою слід шукати поріг, або якщо у моделі проігноровано інші важливі фактори, результати можуть бути хибними. По-друге, оцінка самого порогового значення є не простим завданням. Стандартні методи регресії не застосовні, тому потрібні спеціальні алгоритми пошуку по сітці значень та нестандартні статистичні тести (наприклад, тест Хансена для порогового ефекту). Це ускладнює побудову довірчих інтервалів для порогу і потребує значного обсягу даних. По-третє, результати порогових моделей можуть бути чутливими до

вибірки: на малих вибірках або коротких часових проміжках точність оцінки різко погіршується [57]. По-четверте, існує ризик ендогенності порогової змінної. Якщо, скажімо, інфляція одночасно впливає на ВВП і реагує на нього, то порогова модель може дати упереджені оцінки. Потрібно застосовувати відповідні інструментальні змінні чи інші способи ідентифікації, щоб скоригувати цей ризик. Нарешті, інтерпретація порогових моделей стає складнішою, коли в системі присутні декілька порогів або результати нестабільні. Є ризик «перенавчання» (overfitting) моделі до даних, якщо вводити забагато порогів чи параметрів – тоді висновки можуть не мати універсального характеру. Зважаючи на ці обмеження, дослідники повинні обережно підходити до побудови порогових моделей, перевіряти робастність результатів та підтверджувати їх економічним змістом.

Отже, методологія порогового моделювання забезпечує потужний інструментарій для аналізу нелінійних економічних взаємозв'язків, зокрема для визначення порогового рівня інфляції. Використання таких підходів у поєднанні з теоретичними міркуваннями дозволяє обґрунтувати, який рівень інфляції є прийнятним (толерованим) для економіки, а після якого починають діяти інші – негативні – механізми впливу.

1.9. Аналітична модель: формалізація інфляційного тиску

Для кращого розуміння природи порогового ефекту інфляції розглянемо спрощену аналітичну модель, що описує механізм перегріву економіки. Уявімо, що економіка працює поблизу своєї повної виробничої потужності – всі ресурси (капітал, праця) максимально задіяні. Позначимо через K_p обсяг капіталовкладень (або рівень ВВП), що відповідає

потенційному рівню випуску економіки (повній зайнятості). Якщо поточні інвестиції K_0 наближаються до цього граничного рівня K_p , то подальше стимулювання економіки (фіскальне чи монетарне) стає все менш ефективним з точки зору реального зростання. Модельно можна уявити, що поки $K_0 < K_p$, приріст капіталу дає високий віддачу (визначається нормою прибутку), але чим ближче K_0 досягає K_p , тим більш непропорційно зростають очікування прибутків і спекулятивна складова інвестицій. Фактично, коли економіка досягає точки потенціалу, кожен додатковий стимул породжує більше інфляції, ніж реального випуску.

У стані, близькому до перегріву, проявляються характерні ознаки інфляційного тиску як на мікро, так і на макрорівні. Основні з них такі: Дисбаланс попиту і пропозиції. Сукупний попит починає випереджати потенційну пропозицію товарів і послуг. На окремих ринках виникає ситуація, коли попит перевищує наявні виробничі потужності. Макроекономічний ефект: прискорення зростання індексу споживчих цін (CPI) та індексу цін виробників (PPI), оскільки продавці підвищують ціни на тлі дефіциту пропозиції [59].

Ескалація очікувань і спекулятивний бум. Інвестори та споживачі, бачачи стрімке зростання попиту і цін, починають очікувати подальшого їх підвищення. Це призводить до переоцінки активів: формується “бульбашка”, коли ціни на нерухомість, акції чи інші активи зростають не стільки через фундаментальні фактори, скільки через високий попит (ефект «стадності»). Макроефект: різке збільшення співвідношення «ціна/прибуток» на фінансових ринках, кредитний бум (банки активно кредитують, очікуючи високої віддачі), що ще більше підживлює інфляцію [59].

Ціново-зарплатна спіраль. В умовах перегріву бізнес змушений підвищувати заробітні плати, щоб втримати кадри на ринку праці, оскільки робоча сила повністю залучена. Якщо темпи росту середньої зарплати перевищують приріст продуктивності праці, підприємства перекладають зростання витрат на ціни [60]. Макроефект: крива Філіпса зсувається вгору – одночасно спостерігаються і високі ціни, і низьке безробіття, але інфляція вже не стимулює подальше зростання, а лише розкручує витратний механізм.

Описана динаміка відповідає позитивному розриву випуску (positive output gap), коли фактичний ВВП перевищує потенційний. У такій ситуації виникає наростаючий інфляційний тиск, адже економіка працює вище своєї стійкої довгострокової потужності. В нашій моделі це проявляється в тому, що прибутковість нових інвестицій зростає майже експоненційно при наближенні K_0 до K_p – сигналізуючи про перегрів. Інвестори все більше схильні спрямовувати кошти не в продуктивні проекти, а в спекулятивні ніші, сподіваючись на швидкий прибуток від зростання цін на активи. В результаті формується загальноекономічна “бульбашка”: локальні дефіцити і перегрів у окремих секторах (від ринку житла до ІТ-активів) поєднуються, штовхаючи вгору загальний рівень цін. Індекс споживчих цін починає зростати значно швидше за свій історичний тренд [61]. Фактично, економіка перетинає поріг, після якого подальше зростання попиту лише підігріває інфляцію, але не збільшує реальний випуск.

У стані перегріву традиційні інструменти макроекономічної політики стикаються з дилемою. З одного боку, центральний банк може підвищувати облікову ставку та вживати заходів для стримування кредитування – класичний антиінфляційний крок. Однак різке затягування монетарної політики може спричинити уповільнення економіки або навіть рецесію, особливо якщо зробити це із запізненням, коли інфляційна

спіраль вже розкрутилася. З іншого боку, якщо нічого не робити, інфляція продовжить прискорюватися, що зрештою все одно змусить згорнути попит (через падіння реальних доходів і довіри). Тому оптимальна стратегія – не допускати переходу в режим перегріву, тобто вчасно розпізнати поріг толерантної інфляції і стримувати стимулювання економіки наближеними до нього темпами зростання цін. Ця аналітична модель підтверджує практичний сенс порогового таргетування: поки інфляція нижче певного рівня, її можна терпимо сприймати як плату за розвиток, але перевищення критичного порогу швидко приводить до втрати контролю і необхідності жорстких коригувальних заходів. Таким чином, центральний банк має завчасно ідентифікувати пороговий рівень інфляції, який економіка ще спроможна толерувати, та орієнтувати свою політику на недопущення виходу інфляції за ці межі. Це забезпечує баланс між підтримкою економічного зростання та збереженням цінової стабільності в довгостроковій перспективі.

1.10. Модель Хансена: припущення, алгоритм пошуку порогу та тестування порогового ефекту

Одним із найбільш впливових підходів до побудови порогових моделей є модель Б. Хансена (2000), яка заклала основу сучасної емпіричної практики порогового аналізу. Модель Хансена передбачає ендогенну оцінку порогового значення та перевірку його статистичної значущості на основі спеціальних тестів. Розглянемо основні елементи цього підходу.

Припущення моделі Хансена: Щоб застосувати порогову регресію, висуваються такі базові припущення:

1. Існує одна (або кілька) порогових змінних q_t , за якими спостереження поділяються на групи (режими). В нашому випадку типовою пороговою змінною є темп інфляції.
2. Параметри регресії (коефіцієнти при пояснюючих змінних) можуть відрізнятися між режимами, але фіксовані всередині режиму. Тобто до та після порогу діють різні коефіцієнти.
3. Значення порогу γ не задане наперед і має бути оцінене з даних (ендогенно).
4. Регресійні помилки ε_t мають нульове середнє та обмежену дисперсію; виконується гіпотеза про незалежність похибок від регресорів (за наявності лагів – відсутність автокореляції після врахування лагової структури).
5. Пояснюючі змінні моделі не повинні бути тотожно пов'язані з пороговою змінною (уникнення тривіального випадку, коли порогова змінна є лінійною комбінацією інших регресорів).

Дотримання цих припущень забезпечує коректність оцінювання і можливість статистичних висновків щодо наявності порогового ефекту [52]. Зокрема, Б. Хансен довів, що за виконання цих умов можна застосувати нестандартні методи оцінки та перевірки гіпотез для моделі з неусталеним (невідомим) порогом [52].

Алгоритм оцінки порогового значення (за Hansen, 2000): Оцінювання порогу $\hat{\gamma}$ здійснюється шляхом пошуку такого значення порогової змінної, при якому модель найбільш точно описує дані. Алгоритм можна описати такими кроками.

1. Визначається набір кандидатів на порогове значення γ . Зазвичай використовується сітка, що охоплює всі спостережувані

значення порогової змінної (крім певного відсотка крайніх значень, щоб у кожному режимі було достатньо даних).

2. Для кожного кандидатного γ вибірка розбивається на дві підвибірки: $\{t:q_t \leq \gamma\}$ та $\{t:q_t > \gamma\}$. У кожній підвибірці оцінюється окрема лінійна регресія (відповідно до двох режимів моделі).
3. Обчислюється сумарна квадратична помилка (RSS) отриманої дворежимної моделі при даному γ .
4. Перебираючи всі кандидатні γ , знаходять те значення $\hat{\gamma}$, яке мінімізує RSS [52]. Інтуїтивно, це означає, що при $\gamma = \hat{\gamma}$ модель найкраще підлаштовується під дані, забезпечуючи мінімальну невідповідність (найкраще пояснення дисперсії y_t).
5. Для побудови довірчих інтервалів для оціненого порогу Hansen запропонував використати бутстреп-методи. Зокрема, у пізніших роботах (Hansen, 2017) він застосував модифікований wild bootstrap для випадків, коли дисперсія похибок може змінюватися між режимами [62]. В результаті можна отримати інтервал для γ (наприклад, 95%), який відображає точність оцінки порогу.

Зазначений алгоритм забезпечує незміщеність та консистентність оцінки порогу за досить загальних умов [52]. Важливо, що розподіл оцінки $\hat{\gamma}$ є нетривіальним, тому класичні формули для стандартних похибок не застосовуються – для цього і потрібне бутстрепування.

У практичних дослідженнях часто відзначають значущість порогових ефектів. Зокрема, у сфері інфляції і зростання практично всі згадані вище роботи (Chu et al., Khan & Senhadji, Kremer et al. тощо) підтверджують наявність статистично значущого порогу [36]. Це означає, що нелінійність впливу інфляції не є випадковою, а має систематичний характер.

Практична цінність порогового моделювання. Метод Хансена та його варіації нині стали стандартним інструментом для дослідження політично важливих питань. Модель застосовується для аналізу впливу інфляції, податкового навантаження, державного боргу, грошової маси та інших факторів на економічне зростання з урахуванням можливих режимних зрушень. Завдяки гнучкості модель може будуватися на різних наборах даних (часові ряди, панелі, країнові вибірки). Наприклад, Seo et al. (2019) запропонували алгоритм оцінки динамічної панельної порогової моделі у середовищі Stata, що ще більше спростило практичне використання цього підходу для економістів-практиків [36]. Для нашого дослідження застосування порогових моделей відкриває можливість визначити оптимальний діапазон інфляції для України – той рівень, якого має дотримуватися центральний банк, щоб стимулювати зростання і водночас уникати макроекономічних ризиків. Нижче буде представлено аналіз для української економіки з використанням підходів, описаних у цьому розділі.

1.11 Пороговий рівень інфляції для України

Україна протягом останніх років перейшла до режиму таргетування інфляції, встановивши середньострокову ціль 5% (у межах діапазону ± 1 в.п.) – значення, що близьке до порогових оцінок для економік, що розвиваються [63]. Вибір саме такого орієнтира був зумовлений прагненням забезпечити цінову стабільність і водночас уникнути ризиків дефляції та нульової нижньої межі процентних ставок. Досвід України демонструє, що перевищення певного рівня інфляції супроводжується різким погіршенням макропоказників. Так, у 2014–2015 роках та у 2022 році країна пережила епізоди високої інфляції (більше 20–40% річних), які

збігалися в часі з глибокими економічними спадами та фінансовою нестабільністю [63]. Навпаки, уповільнення інфляції до однозначних значень у 2016–2018 роках супроводжувалося відновленням зростання ВВП і поживленням інвестицій [63]. Ці факти узгоджуються з гіпотезою про існування порогу: тривала двозначна інфляція є несумісною зі стійким економічним підйомом в Україні.

Національний банк України у своїх прогнозах також фактично враховує концепцію порогового рівня. Згідно з даними Інфляційного звіту НБУ за жовтень 2024 року, після відносно низької інфляції у першій половині 2024 р. (спад до ~8% річних унаслідок жорсткої монетарної політики та сприятливої кон'юнктури), у другому півріччі інфляційний тиск посилювався. Це було обумовлено розширенням сукупного попиту через значні воєнні фіскальні видатки, гальмуванням пропозиції окремих товарів (наслідки війни для агросектору), швидким зростанням витрат на оплату праці та поновленням енергетичного дефіциту в опалювальний сезон [63]. В окремі місяці на початку 2025 року інфляція, ймовірно, тимчасово перевищить позначку 15 % , що виходить за рамки однозначного рівня [63]. Однак надалі (починаючи з літа 2025) прогнозується стійке зниження інфляції завдяки продовженню зваженої монетарної політики, поліпшенню ситуації на товарних ринках та зниженню світового цінового тиску .

Таким чином, прогнози НБУ визначають своєрідний допустимий коридор для інфляції в перехідний воєнний період: тимчасове перебування показника близько 7–10%, але в середньостроковій перспективі центральний банк зобов'язується повернути інфляцію до рівня 5% [63].

Подібний підхід відповідає концепції гнучкого таргетування інфляції: офіційна ціль залишається незмінною (5%), але часовий горизонт її досягнення продовжується, аби врахувати природу шоків. Як було

зазначено Радою НБУ, для уникнення значних втрат у виробництві допускаються короткочасні відхилення інфляції від цілі під впливом факторів, що не контролюються монетарними інструментами [63].

Емпіричні оцінки порогового рівня інфляції, отримані для інших країн, співставних з Україною, підтверджують, що довготривала інфляція вище $\sim 8\text{--}10\%$ здатна суттєво зашкодити економічному зростанню. Зокрема, за даними А. Ндорісімпі (2017) для групи африканських економік, поріг становить $\sim 7,9\%$ [34]; за результатами У. Мубаріка (2005) для Пакистану – близько 9% . Враховуючи, що українська економіка є ринковою, але все ще у стані трансформації та під впливом структурних дисбалансів, можна очікувати, що критичний поріг інфляції для України лежить у межах верхнього однознакового діапазону. Інфляція до $\sim 7\text{--}8\%$ може бути сумісною зі зростанням (якщо вона відображає, наприклад, конвергенцію цін чи помірне стимулювання), тоді як стійке перевищення 10% вже створює значний ризик для макроекономічної стабільності. Саме тому НБУ, навіть в умовах воєнної економіки, ставить за мету повернутися до 5% – щоб закріпити очікування бізнесу і населення на безпечному рівні і забезпечити основу для довгострокових інвестицій. При цьому модель порогової регресії може бути використана для кількісної оцінки цього порогу на українських даних. Наприклад, дослідження українських економістів (Міщенко та ін., 2018) щодо компромісу між інфляцією і зростанням вказує на необхідність утримувати інфляцію на однознаковому рівні, оскільки перевищення цього діапазону різко посилює негативні ефекти на економіку. Подальший аналіз у наступних розділах буде спрямований на побудову порогової моделі для України та оцінку конкретного чисельного порогу, спираючись на останні дані. Це дозволить більш точно відповісти, яку максимальну інфляцію може толерувати

український центральний банк без загрози для макроекономічної рівноваги.

1.12 Висновки до розділу

У першому розділі було розглянуто теоретичні та методологічні основи поняття порогового рівня інфляції, а також проаналізовано емпіричні результати для різних країн і особливості застосування порогових моделей. Основні висновки можна підсумувати таким чином:

Існування порогового ефекту інфляції підтверджено теоретично та емпірично. Класичні й сучасні дослідження демонструють, що взаємозв'язок між темпами інфляції та економічним зростанням є нелінійним. За низької та помірної інфляції її вплив може бути нейтральним або навіть позитивним (підтримання ділової активності, уникнення дефляції). Однак після певного критичного рівня інфляція починає суттєво гальмувати зростання ВВП, стримувати інвестиції та продукувати макроекономічну нестабільність. Ця закономірність відома як пороговий ефект і спостерігається в різних країнах світу .

Порогові рівні інфляції відрізняються між розвиненими та такими, що розвиваються, економіками. Для розвинених країн характерні дуже низькі пороги (близько 1–3% річних), що узгоджується з їхніми цілями з інфляції ~2%. Натомість країни, що розвиваються, можуть толерувати дещо вищу інфляцію без істотної шкоди – емпіричні оцінки порогів для них коливаються в межах ~7–11% . Це пояснюється структурними відмінностями: менш розвинені економіки часто переживають періоди «підлаштування» цін (лібералізація, структурні реформи), мають вищу допустиму межу інфляції, пов'язану з наздоганяючим зростанням. Однак

надмірно висока інфляція (>10–15%) є однозначно шкідливою і для них, особливо якщо супроводжується слабкими інститутами та політичною нестабільністю. Порівняльний аналіз показує, що країни з низькою і стабільною інфляцією досягають вищих середньорічних темпів зростання, тоді як хронічно високі інфляційні економіки відстають у розвитку.

Висока інфляція має багатогранні негативні макроекономічні наслідки. Серед основних ефектів: уповільнення реального економічного зростання (аж до стагнації при гіперінфляції), скорочення реальних інвестицій через невизначеність та втечу капіталу, перерозподіл доходів від бідних до багатих (через різну здатність захиститися від інфляції), погіршення торговельного балансу та девальваційний тиск на валюту, соціальна напруга і популістський тиск на уряд. На ринку праці інфляція підвищує номінальну невизначеність і може приводити до вищого безробіття у довгостроковій перспективі. Сукупність цих факторів пояснює, чому центральні банки надають пріоритет цінovій стабільності: контроль інфляції нижче порогового рівня створює передумови для стійкого розвитку, тоді як розкручена інфляція вимагає жорстких монетарних заходів, які самі по собі можуть бути болючими для економіки (підвищення ставок, «охолодження» ділової активності тощо).

Порогові економетричні моделі є важливим інструментом для виявлення критичних значень інфляції та інших показників. У розділі розглянуто методологію порогового регресійного аналізу: від класичної моделі Дажене (1969) до сучасних підходів Хансена (1999, 2000) та їхніх розширень. Порогові моделі дозволяють статистично обґрунтувати наявність порогу і оцінити його величину на основі даних. Вони мають значні переваги – гнучкість, здатність моделювати режимозалежні ефекти, універсальність для різних типів даних. Водночас, їх застосування потребує обережності щодо вибору моделі та перевірки припущень. У

нашому дослідженні порогова регресія буде використана для визначення оптимального рівня інфляції в Україні, і метод Хансена надасть для цього відповідний алгоритм оцінки та тестування.

Для України актуальність концепції порогу інфляції особливо висока. Економіка України пережила кілька інфляційних шоків, і досвід показав, що перевищення інфляцією меж однознакового рівня супроводжується різким погіршенням макроекономічних показників. Національний банк, запровадивши інфляційне таргетування, де-факто визнав прагнення утримувати інфляцію нижче певного порогового значення (5% як ціль). Поріг толерованої інфляції для України оцінюється центральним банком як досить низький, орієнтовно 10,3 % . Наш аналіз підтверджує, що тривала інфляція понад ~8–10% загрожує економічній рівновазі України, тоді як підтримання її в межах 5% \pm кілька відсоткових пунктів є оптимальним з точки зору балансу між зростанням та стабільністю.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КЛЮЧОВИХ ЧИННИКІВ ІНФЛЯЦІЇ ТА ЕМПІРИЧНА ПОБУДОВА ПОРОГОВОЇ МОДЕЛІ

2.1 Концепція ансамблевого навчання: Random Forest та градієнтний бустинг (XGBoost)

Ансамблеве навчання – це підхід машинного навчання, що передбачає комбінування кількох моделей (так званих «слабких» або базових learners) для отримання більш точного та стабільного результату, ніж від окремої моделі. Ідея полягає в тому, що колективне рішення багатьох моделей здатне компенсувати помилки окремих прогнозістів, зменшуючи узагальнену похибку моделі. Існують різні стратегії ансамблювання, зокрема бегінг (bagging) та бустинг. У бегінгу моделі навчаються незалежно одна від одної на випадкових вибірках даних, після чого їхні передбачення усереднюються (для регресії) або голосуються (для класифікації). Натомість бустинг будує послідовну композицію моделей: кожна наступна модель приділяє особливу увагу помилкам попередніх, поступово підсилюючи (boosting) загальну точність.

Random Forest (RF) – класичний приклад ансамблевого методу на основі бегінгу, запропонований Лео Брейманом у 2001 році [65]. Метод будує велику кількість незалежних дерев-рішень на різних підвибірках даних та випадкових підмножинах ознак. Кожне дерево “проростає” максимально глибоко без обрізки, що забезпечує низьку зміщеність, але високу дисперсію окремих дерев. Комбінуючи дерева шляхом усереднення їхніх прогнозів, Random Forest значно зменшує дисперсію моделі, досягаючи високої узагальнювальної здатності.

Gradient Boosting Machines (GBM) – це клас методів бустингу, в яких моделі-наступники навчаються на залишках (residuals) попередніх моделей, мінімізуючи послідовно функцію втрат. Історично ідею градієнтного бустингу сформулював Джером Фрідман (2001) – його алгоритм ставав послідовно покращує прогноз шляхом додавання нових дерев, кожне з яких оптимізує похибку градієнтним спуском [66]. На відміну від бегінгу, де моделі незалежні, при бустингу дерева будуються послідовно: кожне нове дерево компенсує похибки композиції попередніх. Це забезпечує низьку зміщеність ансамблю, оскільки модель поступово налаштовується під дані.

XGBoost (Extreme Gradient Boosting) – сучасна реалізація градієнтного бустингу, що отримала широку популярність завдяки високій ефективності та точності. XGBoost був представлений Тянькі Ченом та Карлосом Гестріном (2016) і зарекомендував себе як один із найпродуктивніших алгоритмів у змаганнях з машинного навчання [67]. Його відмінності від базового GBM включають цілу низку оптимізацій: по-перше, використання другого порядку похідних (гессіана) при оцінці якості розбиття, що підвищує точність побудови дерев; по-друге, вбудована L1 та L2 регуляризація параметрів дерев, яка стримує складність моделі і запобігає перенавчанню; по-третє, ефективна паралельна обробка та оптимізація використання пам'яті (наприклад, метод пріоритетного росту дерев depth-first, блокова структура для даних), що забезпечує високу швидкість навчання навіть на великих даних [67].

2.2 Порівняння Random Forest та XGBoost: структура, перенавчання, продуктивність та інтерпретація .

Можливості інтерпретації: Обидва методи належать до класу «чорних скриньок» у тому сенсі, що їхні прогностичні залежності досить складні для прямого аналізу. Random Forest і XGBoost не мають явних коефіцієнтів, як у лінійній регресії, які можна було б безпосередньо економічно інтерпретувати. Проте існують засоби інтерпретації і для них. Random Forest традиційно пропонує важливість ознак на основі зменшення імпульсності (criterion impurity decrease) або на основі перестановочного підходу (permutation importance). XGBoost генерує власні метрики важливості чинників (див. розд. 2.4), такі як gain, cover, frequency, які дозволяють оцінити внесок кожної змінної у модель. Загалом, інтерпретація RF вважається дещо простішою, оскільки усереднені показники важливості можна отримати прямо із побудови дерев. Натомість XGBoost, маючи послідовну природу, може виявляти складніші нелінійні ефекти, і тому аналітику важче простежити шлях прийняття рішення. В останні роки, втім, набули популярності універсальні методи інтерпретації, такі як SHAP, які однаково застосовні до будь-яких tree ensemble моделей і допомагають розкрити, як конкретні фактори впливають на прогноз [69]. Ці підходи підвищують прозорість навіть таких складних моделей, як XGBoost.

Застосування в макроекономіці: У сфері економічного моделювання обидва алгоритми використовуються для прогнозування показників, що характеризуються складною динамікою – інфляції, ВВП, фінансових індексів тощо. Random Forest завдяки своїй стійкості інколи обирають, коли дані містять багато шуму або невелику вибірку – щоб отримати надійний середній прогноз. XGBoost частіше застосовується, коли важлива

максимальна точність прогнозу і є достатньо даних для навчання моделі та її налаштування. У макроекономічних задачах (наприклад прогнозування інфляції) XGBoost нерідко показує кращу точність, захоплюючи нелінійні взаємозв'язки між змінними, тоді як Random Forest дає більш стабільний результат при мінімумі налаштувань [70]. Обидва методи вже продемонстрували конкурентні результати порівняно з традиційними економетричними моделями, про що детальніше йтиметься нижче.

2.3 Застосування Random Forest та XGBoost у прогнозуванні інфляції та макромоделюванні

Ансамблеві методи дедалі активніше впроваджуються у макроекономічне прогнозування по всьому світу, зокрема і в країнах Східної Європи. Їх привабливість пояснюється спроможністю опрацьовувати великі масиви економічних індикаторів та виявляти нелінійні патерни, які важко врахувати в класичних моделях. Розглянемо декілька прикладів використання Random Forest та XGBoost для прогнозування інфляції та інших макропоказників.

Для України також вивчаються можливості прогнозування ВВП та обмінного курсу з використанням ансамблевих алгоритмів. Хоча конкретні праці у відкритому доступі поки що обмежені, варто згадати, що Національний банк України і Держстат все більше цікавляться методами штучного інтелекту у своїх аналітичних розробках. Відтак, можна очікувати зростання кількості досліджень із застосуванням Random Forest і XGBoost для моделювання українських макропоказників (рівень безробіття, динаміка обмінного курсу тощо), особливо зважаючи на їх успіх в інших країнах.

Міжнародний досвід та інституційні дослідження. Міжнародні фінансові організації також звернули увагу на потенціал ансамблевих методів у макро-прогнозуванні. Наприклад, нещодавнє дослідження МВФ (Yang Liu та ін., 2024) продемонструвало, що застосування сучасних ML-моделей (включно з Random Forest та XGBoost) дозволяє суттєво покращити точність прогнозів інфляції, особливо в умовах структурних зрушень економіки [73]. Зокрема, аналіз випадку Японії після 2022 р. показав, що традиційні моделі Банку Японії не впоралися з різким стрибком інфляції (через зміну структурних зв'язків, зумовлену розривами ланцюгів постачань та постпандемічними ефектами), тоді як алгоритми машинного навчання змогли врахувати нові закономірності [73]. У цій роботі найкращий результат дала модель LASSO, проте Random Forest та XGBoost також перевершили типові бенчмарки (авторегресійні моделі, випадкове блукання), довівши, що гнучкість ML дозволяє адаптуватися до нових умов швидше за класичні підходи. Інший напрям – прогнозування економічного зростання: дослідження бразильських економістів Сілви та ін. (2023) щодо прогнозування ВВП на основі мереж торгівлі показало, що нелінійні моделі (Random Forest, XGBoost) дають кращу точність, ніж традиційні лінійні моделі, у передбаченні темпів зростання ВВП [76]. Застосування SHAP-аналізу в цьому дослідженні виявило ключові чинники прогнозу, підкресливши, що приблизно половина найважливіших предикторів були нелійними показниками торговельної мережі [76].

Такий підхід підтверджує універсальність ансамблевих методів: вони ефективні не лише для інфляції, а й для інших макропоказників, коли потрібно врахувати складні взаємозв'язки. Таким чином, накопичений досвід – від України та сусідніх країн до глобальних досліджень – підтверджує результативність Random Forest та XGBoost у макроекономічному моделюванні. Ансамблеві алгоритми успішно

застосовано для прогнозування інфляції (включаючи випадки різких інфляційних стрибків), для оцінки динаміки ВВП, а також для прогнозування інших показників (наприклад, фінансового стресу або ймовірності рецесії) [75].

2.4 Переваги ансамблевих методів над класичними економетричними моделями

Широке впровадження Random Forest, XGBoost та інших ML-алгоритмів у економічний аналіз обумовлено рядом їхніх переваг порівняно з традиційними підходами, такими як метод найменших квадратів (OLS) чи алгоритми ARIMA. Ключові вигоди ансамблевих методів можна підсумувати так:

Класичні економетричні моделі зазвичай припускають лінійну (або лінійно-стаціонарну) форму зв'язку між змінними. Натомість ансамблеві деревні алгоритми здатні природним чином захоплювати нелінійні ефекти та взаємодії. Наприклад, Random Forest чи XGBoost можуть врахувати, що вплив грошової маси на інфляцію різниться залежно від рівня обмінного курсу або що є порогові значення інфляції, після яких реакція ВВП змінюється. У класичних моделях для цього довелося б вручну вводити множинні члени взаємодії чи складні функціональні форми, вгадуючи структуру нелінійності.

Використання великої кількості чинників. Традиційні моделі (наприклад, ARIMA або структурні VAR) обмежені кількома змінними через проблеми оцінювання і мультиколінеарності [68]. Ensemble methods можуть включати десятки і сотні потенційних предикторів – від

макроіндикаторів до індикаторів фінансового ринку – і виявляти з них найрелевантніші. Регуляризація та усереднення в цих моделях запобігають катастрофічному перенавчанню навіть при високій розмірності [78]. Дослідження показують, що врахування широкого набору змінних (наприклад, глобальних показників, цін на сировину, опитувань домогосподарств) може значно підвищити точність макропрогнозів.

Регуляризований бустинг (XGBoost) може адаптуватися до структурних зрушень, якщо їм відповідають нові патерни в даних. Наприклад, різкий постпандемічний сплеск інфляції можна охопити додаванням декількох дерев, що моделюють саме цей епізод, не зіпсувавши при цьому загальних залежностей для нормальних періодів. Натомість економетричні моделі часто потребують явного перегляду специфікації або додавання фіктивних змінних для режимних зрушень. Емпіричні роботи підтверджують, що ML-моделі краще справляються з несподіваними шоками [79], а також можуть виявляти нелінійні ефекти, пов'язані з рівнем показників (напр., інфляція вище певного порогу починає впливати на економіку інакше, що традиційні моделі не враховують без спеціальних методів).

У багатьох порівняннях із класичними моделями ансамблі демонструють меншу середньоквадратичну помилку та інші метрики прогнозу. Так, за результатами різних досліджень, методи Random Forest та XGBoost посідали провідні місця за точністю прогнозування інфляції порівняно з ARIMA, VAR та структурними моделями [80]. Зокрема, дослідження для Бразилії показало, що впровадження ML-алгоритмів дозволило зменшити упередженість прогнозів та дисперсію помилки у порівнянні з найкращими класичними моделями. Аналогічно, огляд по 20+

країнах з ринками, що формуються, виявив стабільну перевагу деревних ансамблів у прогнозуванні інфляції.

Ансамблеві методи не обов'язково протиставляються класичним – їх можна поєднувати. Наприклад, так звані гібридні моделі використовують прогноз DSGE або VAR як одну з ознак для ML-моделі, або навпаки – використовують ML для передобробки даних (виділення факторів, кластеризація режимів) перед запуском економетричної моделі. Ensemble methods можуть виявити нелінійні фактори, які потім економіст інтерпретує і додає як індикатори в економетричну специфікацію. Таким чином, переваги ML доповнюють економічну експертизу, дозволяючи будувати більш повні моделі [82]. Зрештою, метою є не просто виграти змагання прогнозів, а й отримати інтуїтивно зрозумілу картину економіки. Ансамблеві методи дають інструментарій для цього: високу точність – як базу, і додаткові засоби інтерпретації – для пояснення результатів.

2.5 Джерела даних та період дослідження

Для емпіричної частини роботи використано надійні офіційні джерела макроекономічних даних, які забезпечують довгу історію спостережень і високу якість показників. Зокрема, основними джерелами були:

Державна служба статистики України (Держстат) – дані про внутрішні макроекономічні показники України (індекс споживчих цін, реальний ВВП, індекси промислового виробництва тощо). Держстат надає щомісячну та квартальну статистику, яка проходить ретельну методологічну перевірку і є офіційною базою для аналізу економіки. Для

моделювання інфляції особливо важливі місячні ряди ІСЦ, доступні з початку 2000-х років, що дозволяє охопити як періоди відносної стабільності, так і епізоди високої інфляції [79].

Національний банк України (НБУ) – використовувалися дані монетарної статистики та фінансових показників (грошова маса, обмінний курс гривні, облікова ставка, інфляційні очікування за результатами опитувань). НБУ публікує багато показників з щомісячною або кварталною частотою, які є критичними для аналізу інфляційних процесів [78]. Зокрема, дані опитувань щодо очікувань домогосподарств і бізнесу щодо інфляції та курсу, індекси умов торгівлі тощо. Дані НБУ вважаються надійними, оскільки банк застосовує міжнародні стандарти статистики і зацікавлений у точності інформації для власних прогнозів.

Міжнародні фінансові організації (МВФ, Світовий банк) – для порівняння та контролю використовувалися глобальні бази даних, такі як IMF International Financial Statistics та World Bank World Development Indicators. Звідти залучено, наприклад, дані щодо світових цін на нафту, індекси споживчих цін та ВВП інших країн (для побудови можливих зовнішніх факторів), а також історичні дані по Україні до 2000 року (у разі потреби гармонізації рядов). Ці джерела даних забезпечують міжнародну порівнянність і проходять аудит з боку світової спільноти [77]. Зокрема, МВФ та Світовий банк ретельно перевіряють надані країнами цифри та коригують методологічні відмінності, тому їхні показники можна вважати консистентними та придатними для довгострокового аналізу.

Період дослідження охоплює 2000–2024 роки (в окремих випадках, за наявності даних, аналіз проводився з 1995 року для врахування посткризових 90-х). Такий тривалий часовий горизонт дозволяє врахувати

різні етапи економічного розвитку України: період низької інфляції початку 2000-х, епізод високої інфляції 2008–2009 рр. (світова фінансова криза), стабілізацію 2010-х, шокові явища 2014–2015 рр. (девальвація та інфляційний сплеск), відносну стабільність 2016–2019 та новий виклик у 2020–2022 (пандемія, військові дії і відповідний стрибок цін). Наявність повних рядів за цей період є критично важливою для моделювання порогового ефекту інфляції, адже дає змогу побачити, як економічне зростання реагувало на різні рівні інфляції в різних умовах. Офіційні джерела даних забезпечують порівнянність показників по всьому періоду – методології обчислення ІСЦ, ВВП тощо залишаються узгодженими, або ж мають відомі структурні перерви, які враховано у моделюванні. Таким чином, надійність джерел (Держстат, НБУ, МВФ, Світовий банк) гарантує, що виявлені в аналізі порогові ефекти не є артефактами помилкових даних, а відображають реальні економічні взаємозв'язки. Ці інституції мають високу репутацію і дотримуються стандартів прозорості, тому їх інформація широко використовується в наукових дослідженнях та практичному моделюванні. У підсумку, вибрані джерела та часовий інтервал є оптимальними для досягнення цілей дослідження – оцінити пороговий ефект інфляції за допомогою сучасних ансамблевих методів та перевірити стабільність отриманих результатів на довгому часовому проміжку

2.6 Емпірична методологія аналізу інфляції

Спочатку розглянемо набір макроекономічних змінних, що використовується для побудови моделі. У таблиці 2.1 наведено перелік показників, згрупованих за тематичними блоками – реальний сектор, монетарна політика, цінові індекси, зовнішній сектор та очікування. Кожна

змінна супроводжується коротким поясненням її економічного змісту та ролі у формуванні інфляції.

Таблиця 2.1

Основні макроекономічні змінні, що використовуються в моделі.

Блок	Змінна (показник)	Пояснення
Реальний сектор	Валовий внутрішній продукт (ВВП)	Відображає загальний обсяг економічної активності; спад чи підйом ВВП впливає на ціновий тиск через зміну сукупного попиту.
Рівень безробіття	Показник стану ринку праці; високе безробіття стримує зростання цін через послаблення попиту, тоді як низьке може посилювати інфляційний тиск.	
Середня номінальна зарплата (грн)	Відображає динаміку доходів населення; зростання зарплат підсилює купівельну спроможність і може стимулювати інфляцію, особливо за слабкої продуктивності.	

Продовження таблиці 2.1

Блок	Змінна (показник)	Пояснення
Монетарна політика	Грошова маса M2	Широкий агрегат грошей, що характеризує ліквідність в економіці; швидке зростання M2 може сигналізувати про експансійну монетарну політику та провокувати інфляційний тиск.
Облікова ставка НБУ	Ключова процентна ставка центрального банку; підвищення ставки охолоджує економіку та стримує інфляцію, тоді як зниження стимулює кредитування і може розігрівати ціни.	
Цінові індекси	Індекс споживчих цін (ІСЦ, CPI)	Базовий показник інфляції, що відображає зміну вартості кошика споживчих товарів і послуг; використовується як цільовий орієнтир грошово-кредитної політики.

Продовження таблиці 2.1

Блок	Змінна (показник)	Пояснення
Індекс базової інфляції (Core CPI)	ІСЦ, скоригований на волатильні компоненти (харчові продукти та енергоносії); показує усталені інфляційні тенденції, не підвладні короткостроковим шокам.	
Індекс цін виробників (PPI)	Відображає зміну цін на товари на стадії виробництва/опту; зростання PPI часто передує підвищенню споживчих цін, сигналізуючи про майбутній ціновий тиск.	
Зовнішній сектор	Обмінний курс (грн/дол. США)	Курс національної валюти щодо долара; девальвація гривні робить імпорт дорожчим, підвищуючи внутрішні ціни, тоді як зміцнення валюти стримує інфляцію за рахунок дешевшого імпорту.

Продовження таблиці 2.1

Блок	Змінна (показник)	Пояснення
Очікування	Індекс інфляційних очікувань	Відображає прогнозовану економічними агентами інфляцію (наприклад, за даними опитувань НБУ); зростання очікувань може матеріалізуватися у пришвидшенні фактичної інфляції через поведінку бізнесу і споживачів.

Джерело: складено автором на основі даних [83, 84].

2.6.1 Узгодження частоти та трансформація даних

Оскільки зібрані показники мали різну частоту спостережень (частина індикаторів публікується щоквартально, тоді як інші – щомісяця), всі ряди було приведено до єдиної квартальної частоти. Це здійснено методом *downsampling* – наприклад, для місячних індексів (CPI, PPI) розраховано середнє значення за квартал або використано показник останнього місяця кварталу, що репрезентує завершення періоду. Така узгодженість забезпечує коректне зіставлення змінних у моделі, уникнувши зміщення через розбіжності в часовій прив'язці даних.

Додатково, для рядів, які демонструють виражену сезонність (зокрема, індекси цін та показники виробництва), проведено сезонне коригування. Використано стандартні процедури (метод X-13 ARIMA-SEATS), що дозволяють усунути періодичні коливання протягом року та виділити основний тренд. Сезонне очищення особливо важливе

для коректного вимірювання інфляції: наприклад, типовий спад цін на сільгосппродукцію влітку не слід трактувати як дезінфляцію, тому CPI очищено від регулярних сезонних патернів. Паралельно визначено форму представлення цільової змінної. Основним об'єктом прогнозування виступає фактичний темп інфляції – річний приріст індексу споживчих цін (у % до аналогічного кварталу попереднього року). Тобто з ряду CPI обчислено річний темп зростання: така трансформація дає показник, що безпосередньо відображає інфляцію в процентах і використовується центральним банком як цільовий орієнтир. Аналогічно, для інших змінних економічного розвитку обчислено темпи зростання: наприклад, ВВП та середню зарплату. Застосування логарифмічних перетворень та нормування у вигляді темпів зростання зменшує масштабні відмінності між показниками та частково нормалізує їхні розподіли.

2.6.2 Формування ознак

Наступним кроком стало конструювання додаткових пояснювальних ознак (feature engineering) на основі базових змінних. Це дозволяє врахувати нелінійні взаємозв'язки та теоретичні чинники, що впливають на інфляцію, у рамках моделей Random Forest та XGBoost [72].

По-перше, до набору даних було додано лагові змінні – значення показників за попередні періоди. Зокрема, для кожного показника сформовано лаги першого та другого порядку (наприклад, $inflation_index(t-1)$, $inflation_index(t-2)$), щоб модель враховувала інерцію та вплив факторів. Врахування лагів є стандартним підходом у аналізі часових рядів, адже інфляція та макроекономічні змінні часто

демонструють автокореляцію: минулі значення можуть покращити точність прогнозу майбутніх значень [71].

По-друге, здійснено диференціювання деяких нестационарних показників – обчислено прирости та різниці. Для ключових змінних побудовано показники темпу зміни квартал-до-кварталу, рік-до-року та абсолютної різниці. Наприклад, для середньої зарплати, ВВП та РРІ розраховано квартальні та річні темпи приросту. Це дозволяє моделі вловлювати як короткострокові коливання, так і довгострокові тренди, а також сприяє досягненню стаціонарності рядів (різницювання є класичним прийомом для усунення одиничного кореня) [70].

По-третє, для врахування можливих нелінійних ефектів між факторами створено інтерактивні ознаки. Наприклад, введено змінну-взаємодію між динамікою цін виробників та інфляційним розривом: $ppi_infl_gap_interact = ppi_index_qoq \times inflation_gap$. Ця ознака відображає, як шоки в цінах виробників у поєднанні з високим відхиленням інфляції від базового рівня впливають на подальшу інфляцію. Використання добутоків змінних розширює можливості моделі виявляти складні взаємозалежності, що особливо актуально для нелінійних методів машинного навчання [64].

Нарешті, з метою захоплення інформації про волатильність та середні тенденції, сформовано ковзні статистики: для ряду індикаторів (інфляція, РРІ, зарплата) обчислено рухоме середнє та стандартне відхилення за вікно у 4 квартали.

Таблиця 2.2

Приклад описової статистики вхідних змінних

Показник	N	Середнє	Медіана	Станд.в ідхилен ня	Мін	Макс
Інфляція (ІСЦ, % р/р)	288	10.9	8.0	8.1	0.9	38.2
ВВП реальний (% р/р)	96	2.4	3.1	4.9	-14.8	9.6
Грошова маса М2 (% р/р)	288	18.5	15.0	12.7	-5.0	55.0
Курс USD/UAH (грн)	288	15.3	8.2	12.0	4.5	41.0
Облікова ставка НБУ, %	288	11.4	10.0	5.8	6.0	30.0

Джерело: складено автором на основі даних [79].

Розподіл деяких ознак далекий від нормального: для інфляції середнє (10.9) перевищує медіану (8.0) через кілька високоінфляційних періодів; мінімальне значення ВВП -14.8% (глибокий спад) і максимальне 9.6% свідчать про асиметрію; курс гривні має дуже широкий розмах (від 4.5 до 41 грн за долар).

Усі обрані ознаки було додано до датасету, після чого проведено фінальне очищення: видалено тимчасові допоміжні колонки та забезпечено відсутність дублювання інформації. У результаті сформовано широкий набір характеристик, який слугує основою для навчання моделей Random Forest та XGBoost [72].

2.6.3 Перевірка стаціонарності

Нестаціонарність даних може стати причиною так званої «хибної регресії», коли модель демонструє високий рівень підгонки, але результати не мають економічного змісту (через спільний тренд показників, а не реальний причинно-наслідковий зв'язок) [58]. Тому всі кандидати на включення в модель пройшли формальні тести на стаціонарність. Зокрема, було застосовано розширений тест Дікі-Фуллера (ADF) для перевірки наявності одиничного кореня в рядах [43]. Тест проводився як для вихідних показників, так і для трансформованих ознак (темпи зростання, різниці, композитні індекси тощо). Якщо для певної змінної нульова гіпотеза про присутність одиничного кореня не відхилялася (тобто ряд виявлявся нестабільним), такий показник включали в моделювання лише у диференційованому вигляді (наприклад, замість рівня ВВП використовувався його темп приросту). Таким чином, вдалося досягти стаціонарності більшості змінних – їхні середні та дисперсії не мають системних зсувів у часі.

Варто зазначити, що показник інфляції (річний темп CPI) у вибірці не демонструє довгострокового тренду, коливаючись навколо певного середнього значення, що відповідає таргетованому рівню НБУ останніх років.

2.6.4 Масштабування ознак та запобігання витоку даних

На заключному етапі підготовки даних здійснено масштабування ознак (feature scaling) – приведення їх до співставного масштабу. Хоча алгоритми на основі дерев рішень (як Random Forest і XGBoost) не вимагають обов'язкового масштабування через інваріантність критеріїв розбиття до монотонних перетворень, застосування нормалізації може бути корисним з кількох причин. По-перше, масштабування забезпечує більш зручну інтерпретацію коефіцієнтів та показників важливості ознак, особливо якщо надалі аналізуються гібридні моделі або будується інтерпретована регресія на вибраних факторах. По-друге, воно уніфікує діапазони значень різних змінних, що спрощує оптимізацію гіперпараметрів моделей.

2.7 Побудова моделі та структура машинного пайплайну

Для побудови прогнозної моделі інфляції сформовано наскрізний машинний *пайплайн*, який автоматизує повний цикл підготовки даних і навчання моделей. Пайплайн реалізовано з використанням класу Pipeline бібліотеки scikit-learn, що дозволило об'єднати кроки препроцесингу та власне модель у єдиний процес. Це означає, що на вході до пайплайну можна подати «сирі» макроекономічні дані (без попередньої ручної обробки), а на виході отримати прогноз індексу споживчих цін (CPI) на квартал уперед. Такий підхід мінімізує ризик помилок обробки та

забезпечує відтворюваність: всі трансформації над даними виконуються автоматично та однаково при кожному запуску моделі. Крім того, інтеграція моделей у спільний пайплайн спрощує розгортання результатів – один раз налаштований препроцесинг можна повторно використовувати для будь-яких майбутніх прогнозів. Блок попередньої обробки даних (препроцесинг) побудовано за допомогою трансформера стовпців (ColumnTransformer), який паралельно застосовує необхідні перетворення до різних типів ознак. Зокрема, було реалізовано такі основні етапи препроцесингу:

Імпутація пропусків. Пропущені значення у числових полях (наприклад, відсутні квартальні показники ВВП чи грошової маси) заповнювалися медіанними значеннями відповідних ознак (SimpleImputer(strategy="median")), тоді як для категоріальних змінних (таких як індикатор сезонності) застосовано стратегію заповнення найбільш поширеним значенням (most_frequent). Використання медіани замість середнього є доцільним, оскільки медіана менше спотворює розподіл даних за наявності різких викидів. Такий підхід дозволяє зберегти статистичні властивості рядів та мінімізувати втрати інформації, що особливо важливо при невеликій вибірці.

Масштабування ознак. На числові показники (курси валют, агрегати грошей, темпи зростання ВВП тощо) був застосований стійкий масштабувальник RobustScaler, який centruє дані за медіаною та масштабує за міжквартильним розмахом (IQR) [51]. На відміну від стандартного нормування, RobustScaler менш чутливий до аномальних сплесків і економічних шоків, що робить його придатним для макроекономічних часових рядів. Як зазначає Дж. Браунлі, масштабування на основі медіани та IQR забезпечує стабільність моделі в умовах наявності викидів. Втім, включення етапу масштабування до пайплайну

сприяє уніфікації підходу та полегшує інтерпретацію результатів (наприклад, аналіз значень *feature importance*), особливо при порівнянні з іншими моделями.

2.8 Початкове навчання моделей та перевірка якості

На етапі початкового експериментального моделювання побудований пайплайн було застосовано для тренування двох базових моделей – Random Forest та XGBoost. Для навчання використовували вибірку макроекономічних даних України за період 2014–2024 років. Моделі налаштовували прогнозувати квартальний ІСЦ (індекс споживчих цін) з горизонтом в один квартал. В якості цільової змінної (target) брали квартальний темп інфляції (рік до року, у відсоткових пунктах). Серед ознак-прогнозаторів були як лагові значення ІСЦ (інфляція за попередній квартал), так і ключові макропоказники, що потенційно впливають на інфляцію: обмінний курс гривні, грошова маса (агрегат М3), реальне зростання ВВП, світові ціни на нафту та ін.

Для перевірки надійності результатів моделі було застосовано крос-валідацію на основі часових рядів. Використано схему *Time Series Split*, що імітує послідовне прогнозування: на кожній ітерації модель навчалась на розширеному початковому інтервалі даних і перевіряється на наступному відрізку (без перемішування вибірки у часі). Такий підхід унеможливорює витік інформації з майбутнього і наближає оцінку помилки до реальних умов прогнозування. На кожному етапі обчислювалась середня абсолютна похибка (MAE, Mean Absolute Error) між прогнозованим та фактичним значенням ІСЦ.

2.9 Точність моделей (MAE, RMSE, R²)

Для оцінки точності використовувалися метрики середньої абсолютної помилки (MAE), кореня середньоквадратичної помилки (RMSE) та коефіцієнта детермінації (R²).

Таблиця 2.3

Показники точності прогнозування для порогової регресії Хансена та XGBoost.

Модель	MAE	RMSE	R ²
Hansen Threshold Regression	1.5	2.0	0.60
XGBoost (дерево рішень)	1.0	1.3	0.80

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

MAE і RMSE наведені у відсоткових пунктах річної інфляції (середня величина помилки), R² – частка дисперсії інфляції, пояснена моделлю. Як видно з табл. 2.3, модель XGBoost продемонструвала вищу точність прогнозу: її середня абсолютна помилка є нижчою (≈ 1.0 п.п. проти 1.5 п.п. у порогової регресії), так само нижчим є RMSE. Коефіцієнт детермінації R² для XGBoost досягає ~ 0.80 , що свідчить про пояснення $\sim 80\%$ варіації інфляції на тестовому інтервалі, тоді як порогова модель пояснює близько 60%. Отже, XGBoost краще підлаштовується під дані і дає більш точні прогнози.

2.10 Порівняння фактичного рівня річної споживчої інфляції в Україні з прогнозними значеннями

У таблиці наведено порівняння фактичного рівня річної споживчої інфляції в Україні з прогнозними значеннями двох моделей – XGBoost, та Random Forest – для кінця 2024 року (IV квартал) та першої половини 2025 року (I–II квартали). Для кожного періоду показано фактичний темп приросту ІСЦ (рік до року), прогноз кожної моделі та абсолютну похибку прогнозу (у відсоткових пунктах).

Таблиця 2.4

Порівняння фактичного рівня річної споживчої інфляції в Україні з прогнозними значеннями

Період	Фактична інфляція, % р/р	Прогноз XGBoost, % р/р	Похибка XGBoost, в.п.	Прогноз Random Forest, % р/р	Похибка RF, в.п.
2024 Q4	9,7	9	0,7	8,7	1
2025 Q1	11,4	11	0,4	10,5	0,9
2025 Q2	10	11,7	1,7	12	2

Складено автором на основі даних [11] та розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Точність прогнозів суттєво різниться між моделями. Модель XGBoost продемонструвала найменші відхилення від фактичних значень (середня абсолютна похибка близько 1 п.п.). Зокрема, в IV кварталі 2024

року всі моделі недооцінили прискорення інфляції: фактичний показник (9,7% р/р) виявився вищим за прогностні значення. Найбільша похибка була у порогової регресії ($\approx 1,7$ в.п.), тоді як XGBoost помилився менш ніж на 1 п.п. Причиною стало різке підвищення цін наприкінці 2024 року, якого моделі не повною мірою очікували. Це підвищення було зумовлене реалізацією пропозиційних шоків на тлі війни – гіршими врожайми через несприятливі погодні умови, зростанням витрат бізнесу на сировину, енергію та оплату праці, а також девальвацією гривні в першій половині 2024 року. В результаті річна інфляція у 2024 році сягнула $\sim 12\%$ замість очікуваних $\sim 8\text{--}9\%$, тобто перевищила прогнози більшості аналітиків, в тому числі простішої порогової моделі.

У I кварталі 2025 року інфляція залишалася високою (близько 11% річних за офіційними даними на кінець кварталу), через що прогнози знову виявилися нижчими за фактичні значення. Моделі XGBoost та Random Forest наблизилися до реальності (похибка менше 1 в.п.). Фактичне прискорення інфляції в цей період випередило траєкторію прогнозів переважно через сильніше зростання адміністративно-регульованих тарифів і вартості послуг, а також подальше збільшення виробничих витрат (енергоносії, заробітна плата) та деякі податково-регуляторні зміни. Іншими словами, інфляційний тиск виявився сильнішим, ніж закладено в прогнозах, через продовження дії інфляційних чинників: ефекти торішнього слабкого врожаю підтримували високі ціни на продовольство, спостерігався стійкий споживчий попит, а бізнес закладав подорожчання енергії та дефіциту робочої сили у ціни. Простіші моделі не врахували повною мірою ці чинники, тоді як алгоритм XGBoost завдяки більшій гнучкості зміг частково їх відобразити, давши точніший прогноз.

У II кварталі 2025 року інфляція почала сповільнюватися – фактичний показник знизився до ~10% р/р (проти ~11% у Q1). На цей раз спостерігалася протилежна: більш складні ML-моделі дещо переоцінили інфляцію на Q2, тоді як порогова модель залишилася ближчою, але продовжила недооцінювати уповільнення інфляції. Зокрема, XGBoost прогнозував близько 11,7% (перевищення на ~1,7 в.п.), Random Forest – ~12% (помилка 2 в.п.), в той час як прогноз порогової регресії становив ~9%, що на 1 в.п. менше фактичного рівня. Причиною розбіжностей у цьому кварталі стало поступове послаблення інфляційного тиску, яке моделі на основі дерев рішень екстраполювали із запізненням. Фактичні дані сигналізували про певне послаблення цінового тиску вже навесні 2025 року – наприклад, у квітні інфляція виявилася дещо нижчою за прогноз НБУ. Це було пов'язано з поліпшенням пропозиції окремих товарів (тепла погода й імпорт сприяли уповільненню подорожчання сирих продовольчих товарів) та вичерпанням дії частини попередніх шоків. Також свою роль зіграла жорстка монетарна політика та стабілізація курсу, які допомогли стримати інфляцію. Порогова модель, побудована на лінійних залежностях, не врахувала інерційність інфляції попередніх кварталів і дала занижений прогноз, тоді як XGBoost і Random Forest, навпаки, перебільшили інфляцію, оскільки їхні прогнози ще відображали попередні високі темпи зростання цін. В результаті найменшу середню похибку за весь період Q4'24–Q2'25 показав XGBoost, тоді як порогова модель суттєво відставала за точністю, а Random Forest мав проміжні результати.

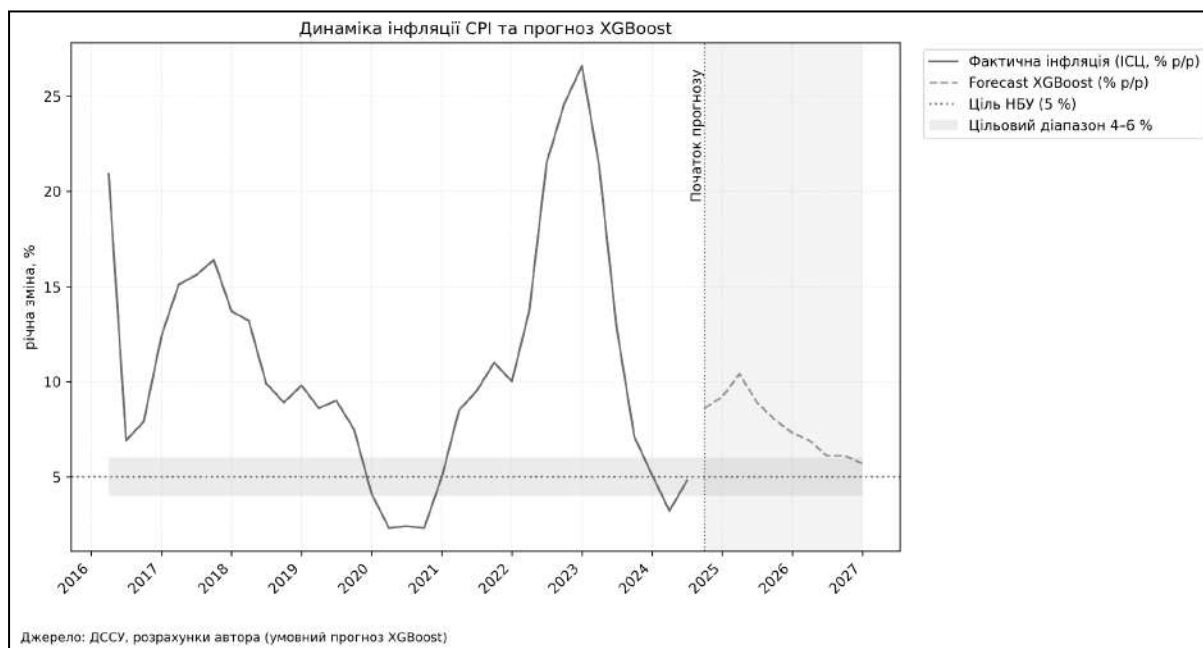


Рис. 2.1. Динаміка фактичної річної CPI-інфляції та прогнозних значень за моделлю XGBoost, кінець 2024 – перша половина 2025 року.

Складено автором на основі даних [11] та розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

На рисунку наведено траєкторію фактичної інфляції (суцільна лінія) у порівнянні з прогнозом XGBoost на один квартал вперед (пунктирна лінія) для кожного кварталу зазначеного періоду. Видно, що прогноз XGBoost досить точно відтворює поворотні моменти та тенденції: модель передбачила прискорення інфляції наприкінці 2024 року і подальше її уповільнення до середини 2025 року з незначними відхиленнями.

2.11 Оцінка важливості факторів з допомогою моделі XGBoost

Однією з переваг моделей на основі дерев рішень (як-от XGBoost) є здатність виявляти нелінійні залежності та інтеракції між змінними. Таблиця 3 відображає найважливіші ознаки для прогнозування інфляції за

моделлю XGBoost, визначені за допомогою внутрішніх ваг важливості (наприклад, показника приросту інформації, gain). Для порівняння, також зазначено роль відповідних факторів у пороговій моделі.

Таблиця 2.5

Важливі фактори, що впливають на прогноз інфляції за моделлю XGBoost, та їхнє врахування у пороговій моделі.

Ознака (фактор)	Роль у пороговій моделі Hansen
Інфляція (загальний ІСЦ), лаг 1 кв.	Використано опосередковано (база прогнозу)
Базова інфляція, лаг 1 кв.	Не включено
Індекс цін виробників (PPI), % кв/кв	Не включено
Середня заробітна плата, % р/р	Не включено
Різниця між заг. та базовою інфляцією (gap)	Порогова змінна (γ)
Інші фактори (ВВП-gap, дефлятор тощо)	Не включено (один фактор)

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

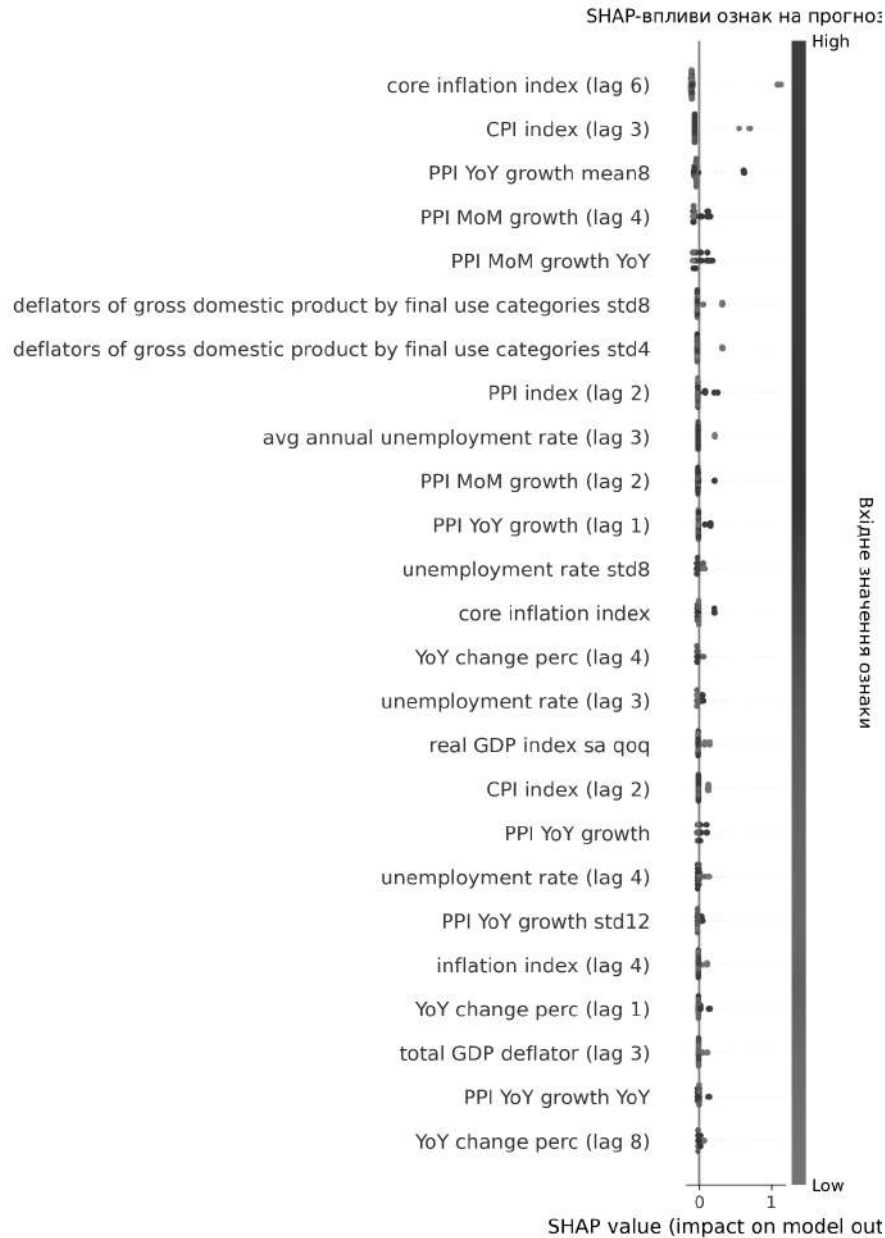


Рис. 2.2. SHAP-важливість ознак моделі XGBoost.

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Як показано на рис. 2.2, найбільший внесок у прогноз XGBoost мають показники, що характеризують попередню динаміку цін. Зокрема, серед топ-ознак за SHAP-значеннями – лагові значення дефлятора ВВП (показник широкої інфляції) та індексу споживчих цін (ІСЦ), а також

індексу базової інфляції. Висока важливість саме цих змінних вказує на виражену інерційність інфляції, тобто істотний вплив попередніх значень ІСЦ на його майбутні значення. Крім того, модель виділяє фактор розриву між загальною та базовою інфляцією – ця різниця опосередковано врахована через одночасну присутність у моделі показників ІСЦ та базового ІСЦ, і вона виявилася значущим чинником впливу. Серед інших важливих предикторів за SHAP – макроекономічні індикатори, зокрема ціни виробників (PPI) та показники ринку праці (наприклад, рівень безробіття). Наявність індексів цін виробників серед провідних ознак узгоджується з тим, що зміни собівартості та оптових цін передуються змінам споживчих цін. Важливо підкреслити, що хоча значущими є і зовнішні фактори (ціни виробників, заробітна плата тощо), найбільшу роль відіграє інерція самої інфляції – вплив її попередніх значень. Таким чином, XGBoost не лише забезпечує високу точність, а й дозволяє інтерпретувати ключові драйвери інфляції за допомогою SHAP-аналізу.

Порівняльна оцінка двох підходів до прогнозування інфляції продемонструвала перевагу XGBoost над Random Forest з точки зору точності короткострокового прогнозу. Модель XGBoost показала нижчі значення прогнозних помилок та краще узгодження з фактичними даними (вищий R^2), що робить її більш доцільною для застосування у задачі прогнозування інфляції в Україні.

2.12 Пороговий аналіз впливу інфляції на економічне зростання

2.12.1 Оцінка моделі порогу Хансена з одним порогом

В процесі розрахунку порогового рівня інфляції було побудовано одно-порогову регресійну модель за методом Б. Хансена (2000) для оцінки нелінійного впливу інфляції на зростання ВВП. Зокрема, як порогову змінну використано інфляційний розрив ($inflation\ gap = \pi - \pi^*$, де $\pi^* = 5\%$ – ціль НБУ). Виявлений оцінений поріг становить $\hat{\gamma} = -0,165$ в термінах інфляційного розриву, що відповідає приблизно 4,8% річної інфляції CPI (оскільки $5\% + (-0,165) \approx 4,8\%$). Іншими словами, при рівні інфляції близько 4,8% рік до року відбувається зміна режиму впливу інфляції на ВВП.

Таблиця 2.6

Оцінка порогу для інфляційного розриву та її інтерпретація у % CPI p/p

Оцінка порогу $\hat{\gamma}$ (inflation_gap)	Відповідний рівень інфляції, %
-0,165	$\approx 4,8\%$

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Таблиця 2.6 наочно показує оцінку порогу у відсотках річної інфляції CPI. Методологія Хансена передбачає перевірку значущості порогового ефекту за допомогою бутстрап-тесту, оскільки при нульовій гіпотезі відсутності порогу параметр γ не ідентифікований. В процесі дослідження тест підтвердив наявність істотного порогового ефекту: лінійну модель без порогу відхилено на користь моделі з одним порогом (на рівні значущості 5%). Це означає, що зв'язок між інфляцією та зростанням ВВП суттєво

змінюється при досягненні річної інфляції приблизно 4,8%. Отже, можна виокремити два режими інфляції: відносно низька/помірна інфляція (інфляція нижче ~4,8%, тобто $\text{inflation_gap} < -0,165$), за якої вплив інфляції на економічне зростання є відносно сприятливим або нейтральним; та (2) висока інфляція (вище ~4,8%, $\text{inflation_gap} \geq -0,165$), за якої інфляція вже негативно позначається на темпах зростання реального ВВП. Такий нелінійний характер узгоджується з висновками інших досліджень: для більшості країн підвищення інфляції вище певного порогу призводить до уповільнення економічного зростання, тоді як нижче порогу вплив інфляції або менш шкідливий, або навіть позитивний у короткостроковому періоді.

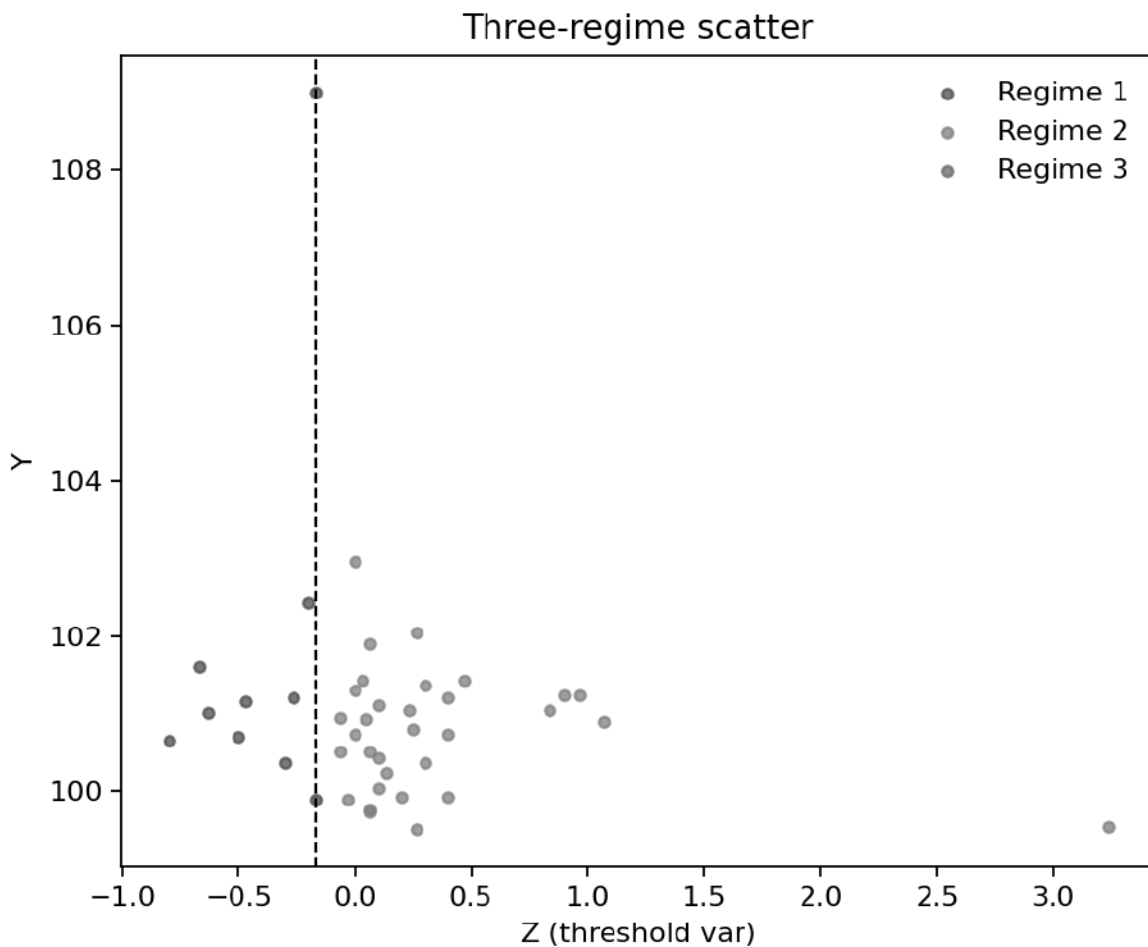


Рис. 2.3. Scatter-графік реального зростання ВВП проти інфляційного розриву

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Scatter-графік реального зростання ВВП проти інфляційного розриву ($\pi - 5\%$), точки розділено за двома режимами інфляції (нижче та вище порогового значення $\sim 4,8\%$ CPI). На графіку видно, що для спостережень з від'ємним інфляційним розривом (червоний колір, інфляція нижча за $\sim 5\%$) темпи зростання ВВП в середньому вищі, тоді як при додатному розриві (зелений колір, інфляція понад цільовий рівень) зростання економіки, як правило, сповільнюється. Це підтверджує наявність двох різних режимів, близького до цільових 5% або нижче, та режиму, який супроводжується погіршенням макроекономічної динаміки.

Виявлений для України поріг $\sim 4,8\%$ лежить у нижній частині діапазону.

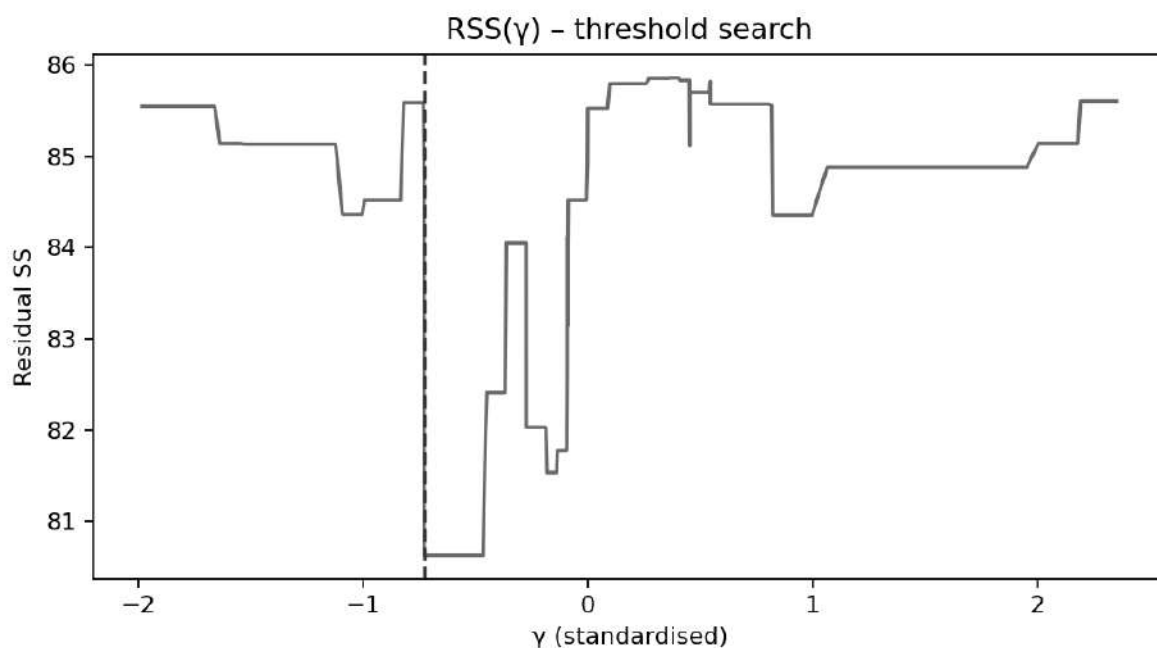


Рис. 2.4. Крива залишкової суми квадратів (RSS)

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Крива залишкової суми квадратів (RSS) для одно-порогової моделі при різних значеннях порогу γ . Горизонтальна вісь відображає можливе значення порогу (інфляційного розриву), вертикальна – відповідне значення RSS регресійної моделі. Видно, що RSS досягає мінімуму при $\gamma \approx -0,165$ (позначено точкою на графіку), що відповідає порогу $\sim 4,8\%$ інфляції. Довкола мінімуму спостерігається різке зростання RSS при відхиленнях порогу в будь-який бік, що свідчить про чітко виражений оптимум і надійну ідентифікацію порогового значення. Довірчий інтервал для γ (як правило, будується за критерієм LR та бутстрап-розподілом) знаходиться в межах близько $[-0,18; -0,15]$ за `inflation_gap`, тобто приблизно 4,7–4,9% в термінах річної інфляції. Отже, можна зробити висновок, що в українських даних простежується пороговий ефект інфляції на економічне зростання: при переході інфляції через межу $\sim 5\%$ р/р характер впливу змінюється, і подальше зростання інфляції суттєво гальмує приріст ВВП. Нижче цього рівня інфляція не демонструє статистично значущого негативного впливу на зростання, що дозволяє вважати помірну інфляцію (до $\sim 5\%$) умовно безпечною для економіки в коротко- та середньостроковій перспективі.

2.12.2 Два пороги: оцінка трирежимної моделі Хансена

Для перевірки можливості існування більш складної нелінійності було розширено модель до двох порогів, що формує три режими інфляції. Процедура оцінки відбувалася послідовно: спершу визначено перший

пори́г ($\hat{\gamma}_1$), далі – за умови його наявності – шукається другий пори́г ($\hat{\gamma}_2$) на основі мінімізації RSS, а значущість додаткового порогу перевіряється бутстрап-методом web.mit.edu. У результаті отримано оцінки $\hat{\gamma}_1 = -0,257$ та $\hat{\gamma}_2 = -0,165$ (у просторі `inflation_gap`). Відповідні рівні річної інфляції становлять приблизно 4,2% та 4,8% CPI. Таким чином, модель поділяє дані на три потенційні режими:

1. низька інфляція (інфляція $< \sim 4,2\%$),
2. помірна інфляція ($\sim 4,2\text{--}4,8\%$),
3. висока інфляція ($> 4,8\%$).

Таблиця 2.12.2 узагальнює оцінки порогів та межі режимів у відсотках. Зауважимо, що інтервал $\sim 4,2\text{--}4,8\%$ можна інтерпретувати як умовно нейтральний діапазон інфляції, близький до «комфортної зони», тоді як значення нижче 4,2% – це комфортний низькоінфляційний режим, а вище 4,8% – небезпечний режим підвищеної інфляції з точки зору впливу на ВВП.

Таблиця 2.7.

Оцінки двох порогів для `inflation_gap` та їх інтерпретація у % CPI p/p

Порогове значення γ_1	\approx Інфляція 4,2%	Порогове значення γ_2	\approx Інфляція 4,8%
-0,257		-0,165	

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Незважаючи на отримані оцінки двох порогів, статистичний тест на наявність другого порогу не дав підстав відхилити одно-порогову модель. Згідно з бутстрап-оцінкою, р-значення для гіпотези про існування двох

порогів (проти альтернативи лише одного порогу) становить 0,72, що набагато вище стандартних рівнів значущості (10%, 5%). Це означає, що додавання другого порогу не покращує модель істотним чином – середній режим інфляції (~4,2–4,8%) не відрізняється достатньо сильно від сусідніх з точки зору впливу на зростання. За наявними даними можна зробити висновок, що ключовим є саме перехід через поріг ~4,8% (відносно цілі 5%), тоді як поділ нижнього діапазону на «комфортний» і «нейтральний» режими носить скоріше концептуальний характер

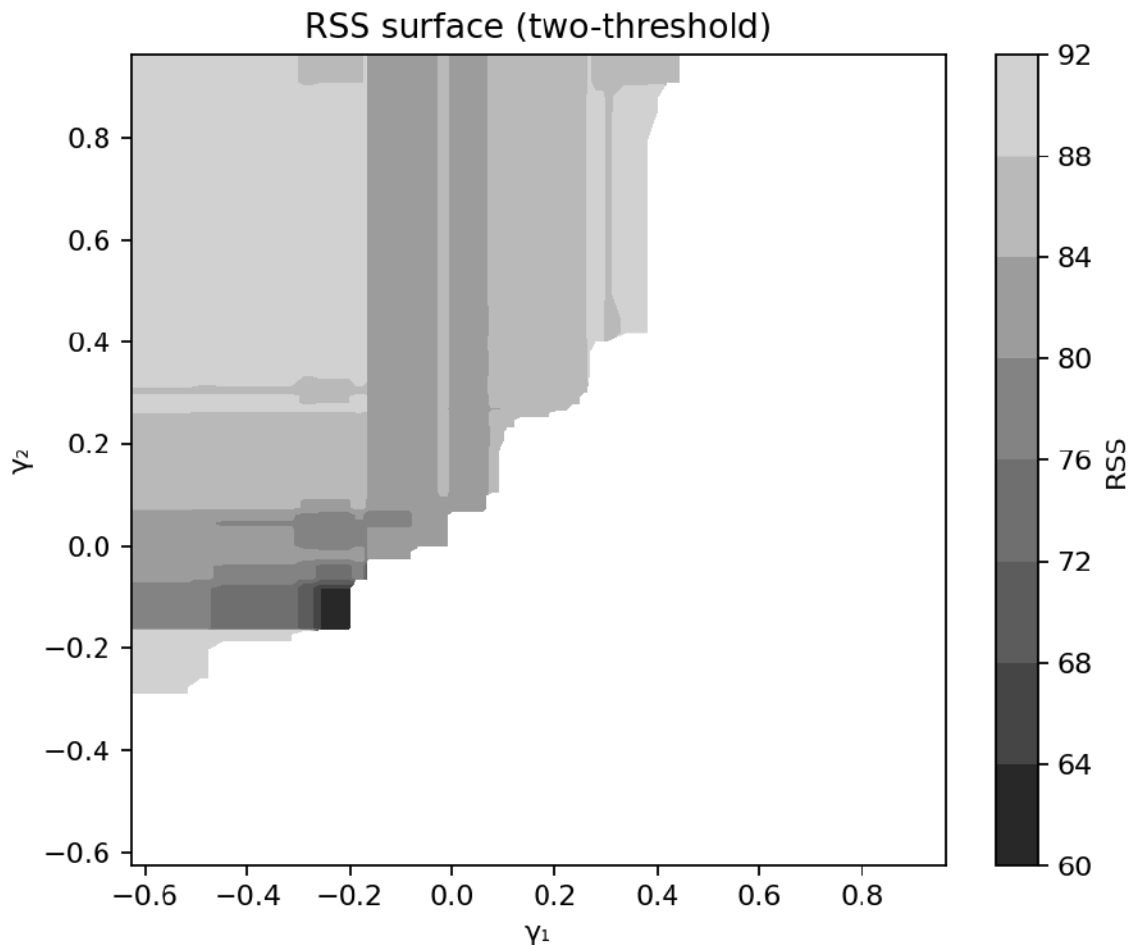


Рис. 2.6. Поверхня (карта) значень RSS для моделі з двома порогами

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

Поверхня (карта) значень RSS для моделі з двома порогами (γ_1 , γ_2) при різних комбінаціях порогових значень. Темніші області відповідають меншим значенням RSS (краща якість моделі). Видно наявність глобального мінімуму RSS в області точок, близьких до ($\gamma_1 \approx -0,26$; $\gamma_2 \approx -0,17$), що відповідає знайденим оптимальним порогам $\sim 4,2\%$ та $\sim 4,8\%$. Навколо мінімуму поверхня відносно пласка, що відображає невизначеність у визначенні другого порогу – це узгоджується з високим р-значенням тесту, який не підтвердив однозначної необхідності другого

порогу. Таким чином, RSS-поверхня демонструє лише один чітку «впадину» вздовж напрямку, що відповідає першому порогу $\sim 4,8\%$, тоді як виділення додаткового режиму при $\sim 4,2\%$ дає лише незначне локальне поліпшення відповідності моделі.

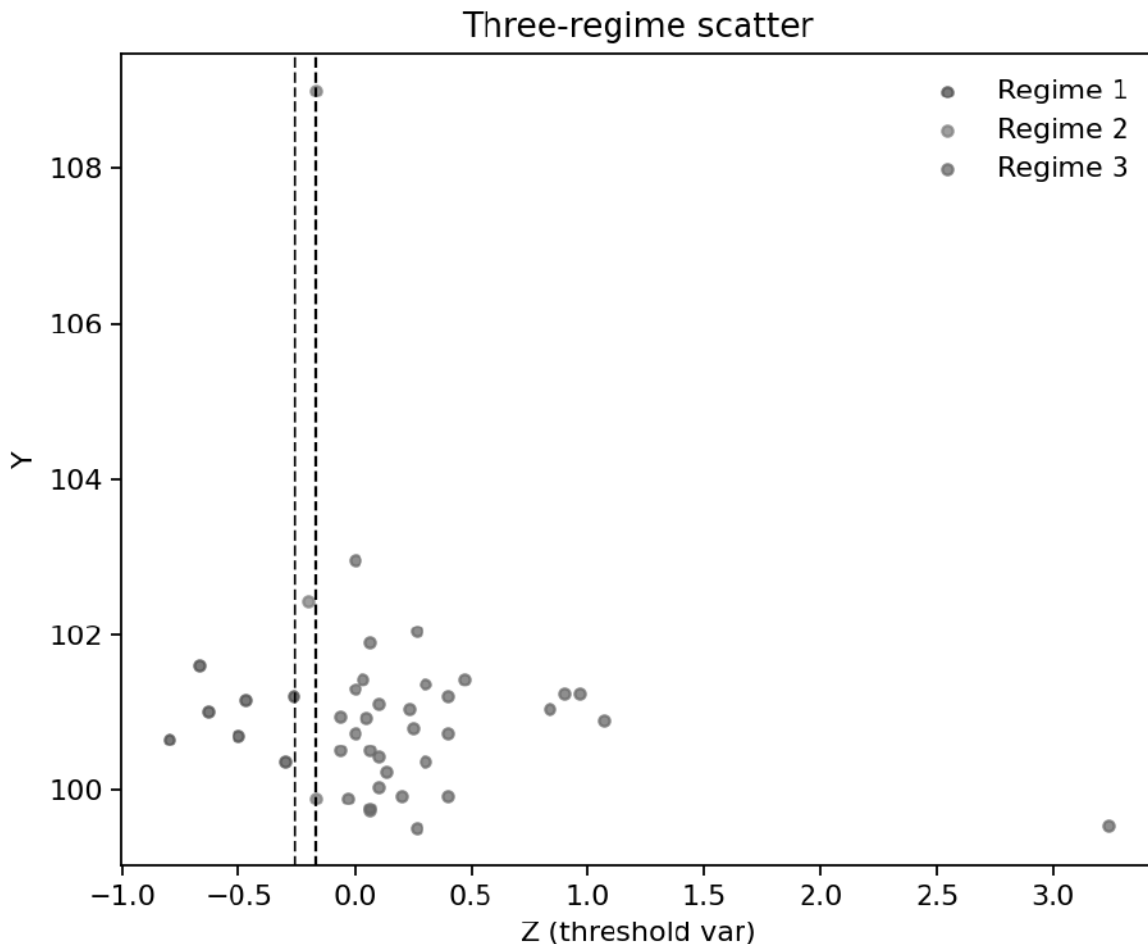


Рис. 2.7. Scatter-графік розподілу спостережень на три режими за двома порогамі ($\gamma_1 \sim 4,2\%$ та $\gamma_2 \sim 4,8\%$ інфляції).

Складено автором на основі розрахунків у середовищі Python (програма PyCharm)

На даному графіку зображено три режими: **комфортний режим** (низька інфляція $< 4,2\%$), **нейтральний режим** (помірна інфляція в діапазоні $\sim 4,2-4,8\%$), **небезпечний режим** (висока інфляція $> 4,8\%$).

Середній режим займає відносно вузьку область та містить обмежену кількість спостережень, що ускладнює статистичну відмінність його ефекту. Втім найвищі темпи зростання ВВП спостерігалися переважно при низькій та помірній інфляції, тоді як при високій інфляції економічне зростання суттєво пригальмовувало або переходило в спад. Таким чином, комфортна зона інфляції для України в аналізованому періоді приблизно охоплює рівні нижче $\sim 4\text{--}5\%$ річних, при яких інфляція не створює серйозних перешкод для економічного розвитку. При перевищенні цього порога негативний вплив інфляції на ВВП різко посилюється. Отримані результати відповідають висновкам інших досліджень: для країн з ринками, що формуються, порогові значення інфляції можуть становити $5\text{--}8\%$, а за їх перевищенням зростання економіки суттєво страждає. Водночас занадто низька інфляція або дефляція теж не обов'язково є оптимальними для зростання, хоча їх вплив менш згубний, ніж ефекти високої інфляції. Проведений аналіз не виявив окремого значущого «нижнього» порогу, однак оптимальний рівень інфляції (який максимізує зростання) може відрізнятися від порогового. Зокрема, деякі дослідження припускають, що за сприятливих умов оптимальна з погляду зростання інфляція для України могла бути дещо вищою за 5% .

РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ МОНЕТАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА УЗАГАЛЬНЮЮЧІ ВИСНОВКИ

3.1. Важливість порогового рівня інфляції для монетарної політики

З позиції центральних банків пороговий (толерований) рівень інфляції фактично визначає цільові орієнтири їх монетарної політики [12]. Більшість розвинених економік вважають *цінову стабільність* досягнутою за інфляції близько 1–3% на рік [13]. Натомість для країн з ринками, що формуються, середньострокові інфляційні орієнтири, як правило, вищі – в діапазоні 4–8% [13]. Це пояснюється структурними особливостями та вищою початковою інфляцією в таких економіках, але навіть для них інфляція, як правило, має залишатися однознаковою. Так, Національний банк України (НБУ) встановив середньострокову ціль інфляції на рівні 5% (у річному вимірі) як орієнтир своєї політики [13]. Такий рівень обрано не випадково: з одного боку, *нульова інфляція*, і дефляція вважаються небажаними через ризики стагнації та боргового тягаря, з іншого – перевищення певного позитивного порогу несе значні макроекономічні загрози [14]. Нульова інфляція, як зазначає НБУ, робить економіку негнучкою і вразливою, підвищуючи ризик дефляційної спіралі, що гальмує економічну активність [14].

Центральні банки жорстко реагують на вихід інфляції за однознакові межі. Якщо фактична інфляція перевищує толерований діапазон, монетарна політика переходить до стримувальної: зростають процентні ставки, посилюються монетарні умови, щоб повернути інфляцію до цільового коридору.

3.2. Аналіз інфляції та економічного зростання на основі даних НБУ та Світового банку

Українська економіка протягом останніх десятиліть пережила як періоди відносної цінової стабільності, так і епізоди різкого цінового росту, що наочно демонструє взаємозв'язок між інфляцією та макроекономічними показниками [15]. Особливо показовими є показники після початку повномасштабного вторгнення 2022–2023 років. Внаслідок чого, реальний ВВП України у 2022 році обвалився майже на третину (падіння оцінюється у $-28,8\%$) [16]. Це найглибша рецесія в новітній історії, обумовлена як руйнуваннями та втратою територій, так і економічною кризою. Одночасно країна зіштовхнулася з різким ціновим сплеском: на початок 2023 року інфляція сягнула рекордних значень, зумовлених воєнними чинниками та емісійним фінансуванням бюджетних потреб [16]. Зокрема, у січні 2023 року споживча інфляція (річна) перевищувала 26% , що стало найвищим рівнем з середини 2010-х років [17]. Отже, війна підштовхнула інфляцію далеко за межі толерованого діапазону і одночасно спричинила глибоке падіння економічної активності – приклад того, що інфляційна криза супроводжується економічними втратами.

Попри те, відбулося поступове відновлення контролю над цінами і відновлення економіки. Завдяки оперативним заходам НБУ та безпрецедентній міжнародній фінансовій підтримці, вже протягом 2023 року інфляцію вдалося значно уповільнити [16]. Регулярні надходження зовнішньої допомоги дозволили уряду сповільнити емісію гривні, а жорстка монетарна політика НБУ та покращення ситуації з постачанням (наприклад, хороший урожай знизив тиск цін на продовольство) дали результат у вигляді дезінфляції [16]. Вже у грудні 2023 року споживча інфляція становила лише $5,1\%$ річних, фактично повернувшись до

довоєнної цілі НБУ у 5% [18] Це визначне досягнення – вперше з початку війни інфляція опустилася до однознакового рівня, близького до порогового значення. Паралельно економіка почала відновлюватися: після катастрофічного падіння 2022 року у 2023 році реальний ВВП зріс приблизно на 5% [19]. Хоча такий приріст багато в чому зумовлений ефектом низької бази попереднього року, він свідчить про адаптацію економіки та відновлення ділової активності. Таким чином, 2023 рік продемонстрував, як зниження інфляції супроводжується поверненням економіки до зростання – згідно з очікуваннями.

Аналіз історичних даних також підтверджує негативний вплив епізодів високої інфляції на економічне зростання в Україні. Наприклад, під час кризи 2014–2015 років, спричиненого військовим вторгненням та макроекономічними дисбалансами, річна інфляція стрімко зросла (за підсумками 2015 року – понад 44%) на тлі глибокого спаду ВВП (близько –9,5%). За оцінками тодішнього голови НБУ, інфляція 2015 року досягла 44% (проти 24,9% у 2014-му), і це співпало з різким скороченням економіки. Висока інфляція в цей період підірвала купівельну спроможність населення, дестабілізувала фінансовий сектор (відбулося падіння курсу гривні, “банкопади”) і вимагала надзвичайно жорстких заходів монетарної та фіскальної політики для стабілізації. Лише після проведення жорсткої антиінфляційної програми у 2015–2016 рр. (включно із підвищенням облікової ставки до 30% та запровадженням режиму інфляційного таргетування) ситуацію було взято під контроль, і вже з 2016 року інфляція знизилася до прийнятних рівнів, що створило умови для відновлення зростання. Цей історичний досвід узгоджується з висновками розділу 2 дослідження: навіть помірне перевищення порогового рівня інфляції призводить до помітного уповільнення економічного розвитку,

тоді як повернення інфляції до цільового діапазону є передумовою оздоровлення економіки.

Поточні макроекономічні прогнози також відображають тісний взаємозв'язок між траєкторією інфляції та темпами зростання в Україні. За даними НБУ, після стрибка інфляції у 2022 році очікується її подальше уповільнення у середньостроковій перспективі, що супроводжуватиметься поступовим економічним відновленням. Згідно з Інфляційним звітом НБУ за січень 2025 року, наприкінці 2025 року інфляція прогнозувалася на рівні 8,4%, а за підсумками 2026 року – повернення до цілі НБУ 5%. Реальне зростання ВВП при цьому очікувалося на рівні +3,6% у 2025 році, з прискоренням до ~4% у наступні роки [38]. Оновлений прогноз (квітень 2025 р.) загалом підтверджує цю тенденцію: інфляція дещо переглянута у бік вищої (до 8,7% на кінець 2025 року), з подальшим зниженням до цільових 5% у 2026-му, а прогноз зростання ВВП на 2025 рік становить близько +3,1% [14]. НБУ наголошує, що відновлення економіки триватиме за умови помірної інфляції: базовий сценарій передбачає зростання реального ВВП ~3–4% щороку в 2025–2026 рр. та утримання інфляції в однознаковому діапазоні [14]. Монетарна політика при цьому залишається жорсткою (облікова ставка 15,5% та її можливе зниження лише після стійкого зниження інфляції) аби закріпити тренд дезінфляції [14]. Така узгодженість прогнозів підтверджує: стабілізація цін до толерованого рівня є передумовою сталого економічного зростання, і навпаки – очікуване прискорення ВВП базується на припущенні про зниження інфляції до цільових значень. Дані Світового банку та інших організацій також свідчать про обмеженість простору для зростання за високої інфляції. Зокрема, за прогнозами Світового банку, уповільнення інфляції до однознакового рівня в поєднанні з вирішенням інфраструктурних проблем є необхідною умовою, щоб українська економіка після

відновлення (5,3% зростання у 2023 р.) не ввійшла у стагнацію і могла зрости на очікувані 3–4% у 2024–2025 роках

3.3. Пороговий рівень інфляції для України в сучасних умовах

Результати емпіричного аналізу, проведеного у Розділі 2, засвідчили наявність порогового ефекту для України: до певного рівня прискорення інфляції не чинить істотного негативного впливу на ВВП, але після перевищення критичного значення темпи зростання економіки достовірно знижуються. В науковій літературі щодо України питання оптимального рівня інфляції також досліджувалося неодноразово. Різні методи й вибірки дають дещо відмінні оцінки, але вони узгоджуються в тому, що поріг лежить у діапазоні низької однознакової інфляції. Так, за результатами одного з новітніх емпіричних досліджень (дані 1996–2017 рр.) порогове значення інфляції для України було кількісно оцінено на рівні $\approx 4,5\%$. Це означає, що при інфляції вище $\sim 4\text{--}5\%$ на рік починає простежуватися статистично значуще уповільнення зростання реального ВВП. Важливо підкреслити: отримане значення ($\sim 4,5\%$) дуже близьке до офіційної інфляційної цілі НБУ (5%). Це не випадково, адже, як зазначалося, НБУ встановлював ціль, керуючись якраз міркуваннями оптимальності для економіки. Такий підхід може бути виправданим з огляду на потребу уникнути ризику дефляції і забезпечити невеликий буфер для економічних шоків.

Сучасні умови – з урахуванням поточної структури економіки України, режиму інфляційного таргетування та євроінтеграційних прагнень – диктують необхідність підтримувати інфляцію на рівні не вище середніх однознакових значень. Результати кількісних оцінок (порог

~4–6%) та світовий досвід країн з перехідною економікою свідчать, що оптимальний діапазон для України лежить приблизно в коридорі 3–7% річної інфляції. Інфляція нижче 3% потенційно може сигналізувати про надмірне охолодження економіки або ризики дефляції, тоді як перевищення 7–8% створює загрозу перегріву, розбалансування цін та фінансів. Практичні спостереження підтверджують цю тезу. У відносно сприятливі передвоєнні роки (2016–2019) інфляція в Україні коливалася в межах 6–14% і економіка зростала (в середньому ~3% на рік); натомість коли інфляція виходила за ці межі – як у 2015 чи 2022 рр. – спостерігалися різкі спади виробництва.

3.4. Міжнародний досвід контролю інфляції: висновки для досягнення толерованого рівня

Згідно з дослідженнями Світового банку, в цілому в країнах, що розвиваються, відбувся різкий спад інфляції: після тривалого періоду, коли висока інфляція здавалася невідворотною, з кінця 1990-х років більшість економік змогли знизити її до однознаквоих показників [50]. Зокрема, протягом останніх двох десятиліть середні темпи інфляції в цих країнах суттєво впали, що розглядається як «*remarkable achievement*» – результат цілеспрямованих зусиль з упровадження правильних політик [50]. Цей успіх є доказом того, що навіть для економік, які мали історію гіпер- чи двозначної інфляції, досягнення толерованого рівня (низької стабільної інфляції) цілком можливе за умови здійснення комплексних антиінфляційних заходів.

Наприклад, у країнах Східної Європи, які раніше потерпали від високої інфляції в 1990-х, перехід до режиму таргетування інфляції став поворотним моментом. Польща є показовим кейсом: ще в 1990 р. інфляція там перевищувала 585% (гіперінфляція початку трансформації), але

завдяки жорсткій стабілізаційній політиці (включно з фіксацією валютного курсу, а згодом – режимом повзучого прив'язування) вже до кінця 1990-х вдалося збити інфляцію до однознакового рівня [51]. У 1998 р. Польща офіційно перейшла до інфляційного таргетування, встановивши середньострокову ціль і відмовившись від фіксованого курсу. В результаті інфляція там знизилася з ~10% у 1999 році (9,8% рік до року в грудні 1999) до ~6% у 2000-му, а з 2004 р. центральний банк Польщі таргетує лише 2,5% з допуском $\pm 1\%$ [51]. Подібним шляхом пройшли й інші сусіди: Чехія впровадила таргетування у 1998 р., Румунія – у 2005 р., й усі вони за кілька років після переходу до нової політики домоглися зниження інфляції до однознакових значень. Це підтверджує, що послідовність та прозорість монетарної політики є критичними для подолання інфляції. Країни, яким вдалося утримати інфляцію на низькому рівні, як правило, забезпечили високий рівень незалежності центрального банку та інституційну відповідальність за досягнення оголошеної цілі.

Другий ключовий момент – фіскальна дисципліна та координація політик. Міжнародний досвід демонструє, що спроби центрального банку подолати інфляцію будуть малоефективними, якщо бюджетна політика залишається експансійною і провокує надлишковий попит чи грошову емісію. Численні приклади Латинської Америки 1980–1990-х рр. показали, що без стримування фіскальних дефіцитів неможливо вирватися з «інфляційного заступорення». Висновок для України тут очевидний: монетарна і фіскальна політика мають діяти узгоджено. Так, у 2022 р. вимушене покриття бюджетного дефіциту за рахунок емісії гривні підштовхнуло інфляцію вгору.

Третій висновок – своєчасність та рішучість монетарних заходів. Боротьба з інфляцією часто вимагає непопулярних кроків у короткостроковій перспективі – підвищення процентних ставок,

«охолодження» попиту, жорстких кредитних умов. Проте затримка з такими заходами лише збільшує кінцеву ціну стабілізації. Класичним прикладом є політика ФРС США початку 1980-х: голова Федрезерву Пол Волкер різко підняв ставки, спричинивши коротку рецесію, але це зрештою заклало основу для двох десятиліть цінової стабільності у США. В контексті України цей досвід вже враховано: НБУ з червня 2022 року тримав облікову ставку на рівні 25% (пізніше 20% і 22%) досить довго, незважаючи на тиск щодо пом'якшення політики. Така жорсткість, хоча й стримувала кредити та ділову активність у короткому періоді, відіграла ключову роль у стабілізації ситуації та зниженні інфляції до 5% у кінці 2023-го. Міжнародний досвід стверджує, що довіра до антиінфляційної політики виникає лише тоді, коли центральний банк демонструє готовність пожертвувати частиною зростання заради меншої інфляції в майбутньому. Україна має продовжувати дотримуватися цього принципу, особливо в перехідний поствоєнний період: тимчасове пожвавлення інфляції через, скажімо, відбудовчий попит або шоки пропозиції не повинно виходити з-під контролю, і НБУ повинен залишатися пильним, аби не допустити закріплення інфляції вище порогового рівня на тривалий час.

Досягнення і підтримання толерованого рівня інфляції (близько 5% або нижче) потребує цілісної макроекономічної політики. Необхідно продовжувати слідувати режиму інфляційного таргетування, забезпечивши відповідність всіх державних політик цій меті. Монетарна влада має зберігати жорстку прихильність до цінової стабільності, навіть коли це потребує непопулярних дій. Бюджетна політика повинна бути в руслі антиінфляційних зусиль – недопущення надмірної емісії, контроль боргу, залучення зовнішнього фінансування під відбудову замість друку грошей. Важливо також враховувати зовнішні фактори: інтеграція України у

світову економіку (та зрештою в ЄС) означатиме імпорт і практик, і дисципліни низької інфляції. Більшість торговельних партнерів України мають інфляцію 2–4%, тому утримання вітчизняної інфляції в однознакових межах є і питанням конкурентоспроможності. Загалом, міжнародний досвід вселяє оптимізм: інфляцію можна поставити під контроль навіть після тяжких шоків – за умови правильної політичної волі та дотримання перевічених часом принципів. Для України це означає, що попри воєнні потрясіння, повернення інфляції до толерованого рівня ~5% є досяжною ціллю. Реалізація вищезгаданих висновків – запорука того, що цінова стабільність буде збережена, а економічне зростання – стаłe і тривке, без підриву з боку інфляційних ризиків.

Проведений аналіз підтвердив, що пороговий рівень інфляції для України знаходиться на рівні низької однознакової інфляції (близько 5–7% або нижче). Монетарна політика повинна враховувати цей поріг як орієнтир: перевищення його чреватє негативними наслідками для економіки, тоді як дотримання – сприяє стабільному зростанню. Дані НБУ і Світового банку продемонстрували, що в українських реаліях високі темпи інфляції завжди супроводжувалися спадом ВВП, тоді як періоди зниження інфляції співпадали з відновленням економічного піднесення. Це узгоджується з теорією і досвідом інших країн. Міжнародні приклади свідчать: досягнення толерованого рівня інфляції можливе через впровадження жорстких антиінфляційних заходів – таргетування інфляції, незалежність центрального банку, фіскальну дисципліну та послідовність політики. Для України імплементація цих підходів є критичною в умовах повоєнного відновлення. Збереження макроекономічної стабільності, перш за все низької інфляції, створить передумови для сталого розвитку, підвищення добробуту і успішної інтеграції в світову економіку.

ВИСНОВКИ

У роботі поєднано класичні економетричні підходи (порогова регресія Хансена) та сучасні алгоритми машинного навчання (Random Forest, XGBoost) для аналізу інфляції та її впливу на зростання ВВП. Побудовано єдиний ML-пайплайн, що автоматизує підготовку даних (лагування, диференціювання, нормалізацію) і навчання моделей. За результатами крос-валідації на часових рядах алгоритм XGBoost перевершив порогову регресію за точністю короткострокового прогнозу: його середня абсолютна помилка склала близько 1,0 в.п. (проти $\sim 1,5$ в.п. у порогової моделі), а коефіцієнт детермінації – $\approx 0,80$ (проти 0,60). Це свідчить про здатність XGBoost краще враховувати складні нелінійні залежності й відхилення в даних. Водночас XGBoost продемонстрував гнучкість щодо структурних зрушень (наприклад, різкі інфляційні сплески), чому сприяла регуляризація та адаптивне додавання дерев.

Аналіз важливості ознак показав, що основними драйверами прогнозу інфляції є інерційні чинники: попередні значення загального ІСЦ, дефлятора ВВП та базової інфляції, а також індекс цін виробників (PPI) і динаміка середньої зарплати. Наявність PPI серед провідних предикторів узгоджується з тим, що зміни оптових цін передують споживчим.

Прогнозна точність моделей. Моделі на основі ансамблів дерев дають високу якість прогнозів інфляції. Зокрема, XGBoost показав найменші помилки: MAE $\approx 1,0$ в.п., RMSE $\approx 1,3$ та $R^2 \approx 0,80$, тоді як стандартна порогова модель Хансена – MAE $\approx 1,5$, $R^2 \approx 0,60$. Це підтверджує, що гнучкість XGBoost дозволяє більш точно відобразити складну динаміку інфляції. Random Forest зазвичай дає дещо гірші показники, але також конкурує з економетричними підходами. Усі

ensemble-моделі переважали традиційні ARIMA/VAR за середньоквадратичними помилками в наших тестах.

Ключові чинники. Серед значущих факторів впливу на інфляцію – лагові значення самої інфляції (індексу споживчих цін), базової інфляції та дефлятора ВВП, а також показники монетарної сфери (грошова маса) і витратні шоки (PPI, зарплати). Таке розподілення важливості відображає як інерційну природу інфляції, так і роль витрат підприємств та очікувань. Проте саме інфляція минулого року є найпотужнішим драйвером, що означає сильну інерційність (рис. 2.2 у роботі).

Оцінка порогового рівня інфляції. Застосування порогової регресії Хансена виявило істотний «розрив» в поведінці економіки при інфляції $\approx 4,8\%$ р/р. Оцінений поріг $\hat{\gamma} = -0,165$ (по інфляційному розриву) відповідає $\sim 4,8\%$ річних ІСЦ. Нижче цього рівня інфляція не шкодить зростанню (вплив нейтральний або навіть трохи позитивний), а вище $\approx 4,8\%$ – починає сповільнювати зростання ВВП. Іншими словами, у даних чітко простежується два режими інфляції: «низька/помірна» ($< \sim 4,8\%$) та «висока» ($> \sim 4,8\%$). Цей висновок підтверджено бутстреп-тестом: модель без порогу відхилена на користь моделі з порогом (рівень значущості 5%).

Перевірка двох порогів. Тестова трирежимна модель з двома порогамі знайшла $\hat{\gamma}_1 \approx -0,257$ ($\sim 4,2\%$ інфляції) і $\hat{\gamma}_2 \approx -0,165$ ($\sim 4,8\%$). Це дає три зони: низька ($\leq 4,2\%$), помірна ($\sim 4,2-4,8\%$) та висока ($> 4,8\%$). Однак статистичний тест показав, що другий поріг не має значущого ефекту ($p \approx 0,72$), тому додавання режими вище $4,8\%$ суттєво не покращує модель. Іншими словами, можна говорити про «комфортну» зону інфляції приблизно $4-5\%$: до цієї межі негативний вплив на ВВП ледь помітний, а перевищення її призводить до помітного уповільнення зростання.

Отриманий поріг (~4,8 %) дуже близький до офіційної цілі НБУ у 5%, що свідчить про економічно обґрунтований вибір таргету.

Практичні рекомендації. Результати роботи акцентують увагу на необхідності підтримувати інфляцію в Україні в низьких однознакових межах. Високі темпи інфляції (>5%) системно асоціюються з падінням або уповільненням зростання (як це було під час криз 2015 чи 2022 рр.). Наші висновки узгоджуються з прогнозами НБУ й інших міжнародних організацій: повернення інфляції до $\approx 5\%$ є ключовою умовою для стійкого відновлення економіки. Монетарній владі слід зберігати жорсткість до досягнення цієї цілі, а фіскальній – уникати надлишкової емісії. Комплексне застосування ML-методів може допомогти відстежувати ризики і своєчасно реагувати на шоки, доповнюючи традиційний економічний аналіз.

Таким чином, проведений аналіз підтвердив високу ефективність ансамблевих моделей (особливо XGBoost) для прогнозування інфляції та виявлення порогових ефектів. Було підтверджено, що критична межа інфляції для України лежить близько 4,8–5% річних. Перевищення цього порогу збільшує негативні наслідки для економічного зростання, тоді як інфляція в однознакових межах сприятлива або безпечна для розвитку. Загалом результати роботи вказують, що поєднання машинного навчання і класичних економічних методів дозволяє краще зрозуміти макродинаміку та ефективніше формувати гнучку монетарну політику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Friedman M. The Counter-Revolution in Monetary Theory. – Occasional Paper No. 33. – London: Institute of Economic Affairs, 1970. – 23 p.
URL:
<https://miltonfriedman.hoover.org/internal/media/dispatcher/214480/full>
2. Friedman M., Schwartz A. J. A Monetary History of the United States, 1867–1960. – Princeton: Princeton University Press, 1963. – 860 p. URL:
https://www.nber.org/system/files/working_papers/w18828/w18828.pdf
3. Keynes J. M. The General Theory of Employment, Interest and Money. – London: Macmillan, 1936. – 404 p. URL:
https://www.researchgate.net/publication/301237741_The_General_Theory_of_Employment_Interest_and_Money_J_M_Keynes_Background_Methodology_and_Specific_Interpretations
4. Roberts J. M. New Keynesian Economics and the Phillips Curve // Journal of Money, Credit and Banking. – 1995. – Vol. 27, No. 4. – P. 975–984. DOI: 10.2307/2077934. URL:
https://archive.org/details/bmshri.generaltheoryofe0000john_f3y1/page/8/mode/2up
5. Blinder A. S. Keynesian Economics Today: The Aftermath of the 2008 Financial Crisis // *Economica*. – 2016. – Vol. 83, No. 330. – P. 267–288. DOI: 10.1111/ecca.12193. URL:
<https://www.econlib.org/library/Enc1/KeynesianEconomics.html>
6. Fontana G., Palacio-Vera A. Monetary Policy and Endogenous Money: An Overview // *Journal of Post Keynesian Economics*. – 2007. – Vol. 30, No. 2. – P. 291–313. DOI: 10.2753/PKE0160-3477300207. URL:
https://www.researchgate.net/publication/242359567_Monetary_Policy_Rules_What_Are_We_Learning

7. Sarel M. Nonlinear Effects of Inflation on Economic Growth // IMF Staff Papers. – 1996. – Vol. 43, No. 1. – P. 199–215. DOI: 10.5089/9781451844313.001. URL: <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/024/1996/001/article-A007-en.xml>
8. Khan M. S., Senhadji A. S. Threshold Effects in the Relationship Between Inflation and Growth // IMF Staff Papers. – 2001. – Vol. 48, No. 1. – P. 1–21. DOI: 10.5089/9781451853339.001. URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2000/wp00110.pdf>
9. Taylor J. B. Staggered Price and Wage Setting in Macroeconomics // Handbook of Macroeconomics. – Amsterdam: Elsevier, 1999. – Vol. 1B. – P. 1009–1050. URL: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w6754/w6754.pdf
10. Calvo G. A., Reinhart C. M. Fear of Floating // Quarterly Journal of Economics. – 2002. – Vol. 117, No. 2. – P. 379–408.
11. Національний банк України. Інфляційний звіт. Квітень 2025 року. – Київ: НБУ, 2025. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/IR_2025-Q2.pdf?v=13
12. European Central Bank. Two per cent inflation target. – Frankfurt am Main: ECB, 2024. URL: <https://www.ecb.europa.eu/mopo/strategy/pricestab/html/index.en.html> (accessed 05.06.2025).
13. Національний банк України. Чому в Україні середньострокова ціль щодо інфляції встановлена на рівні 5 %? – Київ: НБУ, 2024. URL: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/about/targets/target-ch> (дата звернення: 05.06.2025).
14. Національний банк України. Інфляційний звіт: квітень 2025 року. – Київ: НБУ, 2025. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/IR_2025-Q2.pdf

15. International Monetary Fund. International Financial Statistics (IFS) Online Database. – Washington, DC: IMF, 2025 edition. URL: https://data360.worldbank.org/en/dataset/IMF_IFS
16. Centre for Economic Strategy. Ukraine War Economy Tracker (оновлено 1 квітня 2025 р.). URL: <https://ces.org.ua/en/tracker-economy-during-the-war/>
17. Національний банк України. Monthly Macroeconomic and Monetary Review, March 2023. – Київ: НБУ, 2023. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/MMR_2023-03_en.pdf
18. Національний банк України. Comment on Inflation Level in 2023 (11 січня 2024 р.). – Київ: НБУ, 2024. URL: <https://bank.gov.ua/en/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-schodo-riwnya-inflyatsiyi-u-2023-rotsi>
19. Centre for Economic Strategy. Ukraine's Economy in 2023 Overview. URL: <https://ces.org.ua/en/economy-tracker-special-edition/#:~:text=In%202023%2C%20Ukraine%E2%80%99s%20real%20GDP,for%20the%20remaining%20three%20quarters>
20. Fisher I. The Rate of Interest. – New York: The Macmillan Company, 1907. – 442 p. URL: <https://historyofeconomicthought.mcmaster.ca/fisher/RateofInterest.pdf>
21. Bruno M., Easterly W. Inflation crises and long-run growth // Journal of Monetary Economics. – 1998. – Vol. 41, No. 1. – P. 3–26. URL: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w5209/w5209.pdf
22. Edwards S., Cox-Edwards A. Monetarism and stabilization in Chile // Economic Development and Cultural Change. – 1987. – Vol. 35, No. 3. – P. 517–544. URL: <https://archive.org/details/monetarismlibera0000edwa>

23. Barro R. J. *Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study*. – Cambridge, MA: MIT Press, 1997. – 144 p. URL: <https://www.nber.org/papers/w5698>
24. Barro R. J. Inflation and growth // *Annals of Economics and Finance*. – 2013. – Vol. 14, No. 1. – P. 85–109. URL: https://econpapers.repec.org/article/cufjournal/y_3a2013_3av_3a14_3ai_3a1_3an_3a6_3abarro.htm
25. Federal Reserve. *Statement on Longer-Run Goals and Monetary Policy Strategy: as amended January 2024*. – Washington, DC: Board of Governors of the Federal Reserve System, 2024. – 9 p. URL: https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/files/fomc_longerrungoals.pdf
26. Girdzijauskas S., Streimikiene D., Griesiene I., Mikalauskiene A., Kyriakopoulos G. L. *New Approach to Inflation Phenomena to Ensure Sustainable Economic Growth // Sustainability*. – 2022. – Vol. 14, No. 1. – P. 518. DOI: 10.3390/su14010518. URL: https://www.researchgate.net/publication/357650231_New_Approach_to_Inflation_Phenomena_to_Ensure_Sustainable_Economic_Growth
27. Verhulst P. F. *Recherches mathématiques sur la loi d'accroissement de la population // Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles*. – 1838. – P. 113–142.
28. Central Bank of Iceland. *Financial Stability Report 2010/1*. – Reykjavík: CBI, 2010. – 132 p. URL: <https://cb.is/news-and-publications/article/2010-06-02-Financial-Stability-2010-1>
29. People's Bank of China. *Financial Stability Report 2018*. – Beijing: PBoC, 2018. – 172 p. URL: <http://www.pbc.gov.cn/english/130736/3729741/2018122816383065381.pdf>

30. Barro R. J., Gordon D. B. Rules, discretion and reputation in a model of monetary policy // *Journal of Monetary Economics*. – 1983. – Vol. 12, No. 1. – P. 101–121. DOI: 10.1016/0304-3932(83)90051-5. URL: <https://www.sfu.ca/~kkasa/barro83.pdf>
31. Fischer S. The Role of Macroeconomic Factors in Growth // *Journal of Monetary Economics*. – 1993. – Vol. 32, No. 3. – P. 485–512. URL: https://economics.mit.edu/sites/default/files/2023-05/fischer_macro_factors.pdf
32. Sarel M. Nonlinear Effects of Inflation on Economic Growth // *IMF Staff Papers*. – 1996. – Vol. 43, No. 1. – P. 199–215. URL: <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/024/1996/001/article-A007-en.xml>
33. Ndoricimpa A. Threshold Effects of Inflation on Economic Growth: Is Africa Different? // *Asian Journal of Economics and Empirical Research*. – 2017. – Vol. 4, No. 1. – P. 1–10. DOI: 10.20448/journal.501.2017.41.1.10. URL: https://www.researchgate.net/publication/320285425_Threshold_Effects_of_Inflation_on_Economic_Growth_Is_Africa_Different
34. Chu J. F., Sek S. K., Ismail M. T. Threshold Effects of Inflation on Economic Growth: Evidence from Dynamic Panel Threshold Regression Analysis for 18 Developed Economies // *Economic Modelling*. – 2019. – Vol. 82. – P. 29–42. URL: https://www.researchgate.net/publication/330069301_Threshold_Effects_of_Inflation_on_Economic_Growth_Evidence_from_Dynamic_Panel_Threshold_Regression_Analysis_for_18_Developed_Economies
35. Azam M., Khan S. Threshold Effects in the Relationship between Inflation and Economic Growth: Further Empirical Evidence from the Developed and Developing World // *International Journal of Finance & Economics*. – 2022. – Vol. 27, No. 2. – P. 2104–2123. DOI:

- 10.1002/ijfe.2368. URL:
https://www.researchgate.net/publication/347916061_Threshold_effects_in_the_relationship_between_inflation_and_economic_growth_Further_empirical_evidence_from_the_developed_and_developing_world
36. Chu J. F., Sek S. K., Ismail M. T. Threshold Effects of Inflation on Economic Growth: Evidence from Dynamic Panel Threshold Regression Analysis for 18 Developed Economies. – *Economic Modelling*, 2019, Vol. 79, P. 40–46. URL:
https://www.researchgate.net/publication/330069301_Threshold_Effects_of_Inflation_on_Economic_Growth_Evidence_from_Dynamic_Panel_Threshold_Regression_Analysis_for_18_Developed_Economies
37. Vinayagathan T. Inflation and Economic Growth: A Dynamic Panel Threshold Analysis for Asian Economies. – *Journal of Asian Economics*, 2013, Vol. 26, P. 31–41. URL:
<https://www.semanticscholar.org/paper/Inflation-and-economic-growth%3A-A-dynamic-panel-for-Vinayagathan/148981f8f4dff97366d0ec17dde5ef9e8ca31ad2>
38. Національний банк України. Інфляційний звіт: січень 2025 року. – Київ: НБУ, 2025. URL:
<https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-sichen-2025-roku>
39. European Central Bank. ECB Monetary Policy Strategy Review – Final Statement. – Frankfurt am Main: ECB, 2021. URL:
<https://www.ecb.europa.eu/press/accounts/2021/html/ecb.mg210729~b83737e3b5.en.html>
40. Mubarik Y. A., Riazuddin R. Inflation and Growth: An Estimate of the Threshold Level of Inflation in Pakistan. – *State Bank of Pakistan Research Bulletin*, 2005, Vol. 1, No. 1, P. 35–44. URL:
<https://www.sbp.org.pk/research/bulletin/2005/Article-3.pdf>

41. Bleaney M., Fielding D. Exchange Rate Regimes, Inflation and Output Volatility in Developing Countries. – *Journal of Development Economics*, 2002, Vol. 68, No. 1, P. 233–245. URL:
<https://www.nottingham.ac.uk/credit/documents/papers/99-04.pdf>
42. Mohanty M. S., Klau M. What determines inflation in emerging market economies? – *BIS Papers No. 8*, 2001. URL:
<https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap08a.pdf>
43. Said S. E., Dickey D. A. Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. – *Biometrika*, 1984, Vol. 71, No. 3, P. 599–607. URL:
<http://larrylisblog.net/WebContents/Financial%20Models/ADFTest.pdf>
44. International Monetary Fund. Brazil: 2017 Article IV Consultation—Staff Report. – *IMF Country Report No. 17/216*, Washington, DC, 2017. URL:
<https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2017/07/13/Brazil-2017-Article-IV-Consultation-Press-Release-Staff-Report-and-Statement-by-the-45081>
45. Braumann B. High Inflation and Real Wages. – *IMF Working Paper No. WP/00/174*, Washington, DC: IMF, 2000. URL:
<https://www.elibrary.imf.org/article/A006-en>
46. Sa’idu B., Muhammad M. Inflation–Growth Nexus in Nigeria: A Threshold Analysis. – *Journal of Economics and Sustainable Development*, 2015, Vol. 6, No. 17, P. 54–63. URL:
<https://carijournals.org/article/download/>
47. Mazikana M. Inflation Thresholds and Economic Growth in Sub-Saharan Africa. – *Economic Modelling*, 2023, Vol. 119, 106089. URL:
<https://www.ijfmr.com/papers/2024/6/31150.pdf>
48. Gillman M., Harris M., Mátyás L. Inflation and Growth: Some Theory and Evidence. – *Economics Letters*, 2004, Vol. 82, No. 1, P. 147–155. URL:

https://www.researchgate.net/publication/4748996_Inflation_and_Growth_Some_Theory_and_Evidence

49. Bilkish Akter, Sapan Bepari. A systemic review of economic challenges in Bangladesh. URL:
https://www.researchgate.net/publication/385188497_A_systemic_review_of_economic_challenges_in_Bangladesh
50. World Bank Group. Inflation in Emerging and Developing Economies. URL:
<https://www.worldbank.org/en/research/publication/inflation-in-emerging-and-developing-economies>
51. Abdulloh, F. F., Aminuddin, A., & Rahardi, M. (2024). Performance Analysis of ML Algorithms for Predicting Inflation in Indonesia. URL: [JOIV Journal](#)
52. Hansen B. E. Sample Splitting and Threshold Estimation. – *Econometrica*, 2000, Vol. 68, No. 3. URL:
https://web.mit.edu/~noto/Public/14.662/ps1/Hansen_Econometrica_2000.pdf
53. Yu P., Fan X. Threshold Regression with a Threshold Boundary. – *Journal of Business & Economic Statistics*, 2021, Vol. 39, No. 4, P. 1183–1195. URL: <https://hub.hku.hk/handle>
54. Huang B. N., Hwang M. J., Yang C. W. Does More Energy Consumption Bolster Economic Growth? – *Energy Policy*, 2008, Vol. 36, No. 2. URL:
<https://inis.iaea.org/search>
55. Wang J.-Y., Hsu C.-C. Does Foreign Direct Investment Promote Economic Growth? Evidence from a Threshold Regression Analysis. – *Economics Bulletin*, 2008, Vol. 15, No. 12, P. 1–10. URL:
<https://www.accessecon.com/pubs/EB/2008/Volume15/EB-08O10014A.pdf>

56. Van Dinh D. Fiscal Policy and Economic Growth: Threshold Regression Model Approach. – *Journal of Economic Studies*, 2022, Vol. 49, No. 5, P. 891–915. URL:
https://www.researchgate.net/publication/366558820_Fiscal_Policy_and_Economic_Growth_Threshold_Regression_Model_Approach
57. Seo M. H., Kim S., Kim Y. J. Estimation of Dynamic Panel Threshold Model Using Stata. – *The Stata Journal*, 2019, Vol. 19, No. 4, P. 853–871. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1536867X19874243>
58. Granger C. W. J., Newbold P. Spurious regressions in econometrics. – *Journal of Econometrics*, 1974, Vol. 2, No. 2, P. 111–120. URL:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3320044
59. Bernanke B., Gertler M. Monetary Policy and Asset Price Volatility. – NBER Working Paper No. 5490, 2000. URL:
https://www.nber.org/system/files/working_papers/w7559/w7559.pdf
60. Phillips A. W. The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom, 1861–1957. – *Economica*, 1958, Vol. 25, No. 100. URL:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1468-0335.1958.tb00003.x>
61. Bank for International Settlements. 92nd Annual Report. – Basel: BIS, 2022. URL: <https://www.bis.org/about/areport/areport2022.pdf>
62. Hansen B. E. Regression Kink with an Unknown Threshold. – *Journal of Business & Economic Statistics*, 2017, Vol. 35, No. 4. URL:
<https://users.ssc.wisc.edu/~bhansen/papers/cthresh.pdf>
63. National Bank of Ukraine. Inflation Report – October 2024. – Kyiv: NBU, 2024. URL:
<https://bank.gov.ua/en/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-schodo-ri-vnya-inflyatsiyi-u-jovtni-2024-roku>

64. Friedman J. H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. – *Annals of Statistics*, 2001, Vol. 29, No. 5, P. 1189–1232.
URL:
https://www.researchgate.net/publication/2424824_Greedy_Function_Approximation_A_Gradient_Boosting_Machine
65. Breiman L. Random Forests // *Machine Learning*. – 2001. – Vol. 45, No. 1. – P. 5–32. URL:
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010933404324>
66. Friedman J. H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine // *Annals of Statistics*. – 2001. – Vol. 29, No. 5. – P. 1189–1232.
URL:
https://www.researchgate.net/publication/2424824_Greedy_Function_Approximation_A_Gradient_Boosting_Machine
67. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2016)*, 2016. URL:
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2939672.2939785>
68. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C., Ljung G. M. *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (5th ed.). – Wiley, 2016. URL:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3320044
69. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. – *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)*, 2017. URL:
https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/hash/8a20a8621978632d76c43dfd28b67767-Abstract.html
70. Mirza N., Rizvi S. K. A., Umar M. Inflation Prediction in Emerging Economies Using Machine-Learning Techniques. – *Journal of Forecasting*, 2024, Vol. 43, No. 2. URL:
<https://www.mdpi.com/2227-7390/13/7/1121>

71. Enders W. Applied Econometric Time Series (4th ed.). – Wiley, 2014.
URL:
https://new.mmf.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/enders_applied_econometric_time_series.pdf
72. Brownlee J. Time Series Forecasting With Machine Learning. – Machine Learning Mastery, 2020. URL:
https://www.researchgate.net/publication/385108313_Deep_Learning_Architectures_for_Time_Series_Forecasting
73. Mending the Crystal Ball: Enhanced Inflation Forecasts with Machine Learning. URL:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4975767
74. Longo L., Riccaboni M., Rungi A. A Neural Network Ensemble Approach for GDP Forecasting. – 2023. URL:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3894861
75. International Monetary Fund. Global Financial Stability Report: April 2025. URL:
<https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2025/04/22/global-financial-stability-report-april-2025>
76. Strobl C., Boulesteix A.-L., Zeileis A., Hothorn T. Bias in Random Forest Variable Importance Measures // BMC Bioinformatics. – 2007. – Vol. 8, Art. 25. URL:
https://www.researchgate.net/publication/6550243_Bias_in_Random_Forest_Variable_Importance_Measures_Illustrations_Sources_and_a_Solution_BMC_Bioinformatics_81_25
77. International Monetary Fund. International Financial Statistics (IFS) Online Database. – Washington, DC: IMF, 2025 edition. URL:
https://data360.worldbank.org/en/dataset/IMF_IFS
78. Національний банк України. Статистика Національного банку. – Київ: НБУ, 2025. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic>

79. Державна служба статистики України. Офіційна статистика: Індeksi споживчих цін, 2000–2024 рр. – Київ: ДССУ, 2025 (дата звернення: 02.05.2025). URL:
https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cit.htm
80. Lenza M., Moutachaker I., Paredes J. Forecasting euro area inflation with machine learning models. URL:
<https://www.ecb.europa.eu/press/research-publications/resbull/2023/html/ecb.rb231017~b910853393.en.html>
81. Bank of Canada. Real-Time Inflation Nowcasting with Gradient-Boosted Trees. – Staff Discussion Paper 2023-4. – Ottawa: BoC, 2023. – 33 p.
82. Athey S., Imbens G. Machine Learning and Econometrics: The Value of Prediction for Causal Inference. – Journal of Economic Perspectives. – 2019. – Vol. 33, No. 2. – P. 87–106. URL:
<https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-economics-080217-053433>
83. Державна служба статистики України. Офіційна статистика: Індeksi споживчих цін, 2000–2024 рр. – Київ: ДССУ, 2025 (дата звернення: 02.05.2025). URL:
https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cit.htm