

## Виявлення зони фінансово–економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу

**Предметом дослідження** є система виявлення зон фінансово–економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу, що охоплює структурні, статистичні та кореляційні властивості економічних показників, здатних сигналізувати про виникнення дисбалансів. Особливу увагу приділено вивченню поведінки макро– та мікроекономічних параметрів у періоди структурних зрушень, зовнішніх шоків, ринкової турбулентності та трансформаційних процесів. Предметом є також аналіз індикаторів фінансового, виробничого, соціально–економічного та монетарного характеру, які у сукупності формують багатовимірну картину системних ризиків.

У межах предметної області досліджується побудова композитних індексів, формування коваріаційних та кореляційних матриць, аналіз їхньої динаміки, моделювання аномальних змін у структурі взаємозв'язків між індикаторами та визначення критичних порогів. Предмет також охоплює дослідження адаптивних характеристик економіки, її здатності змінювати кореляційні структури під впливом фінансових циклів і фази економічного розвитку. Особливо важливим елементом є формування інтегрального індексу нестабільності, який дозволяє оцінювати нелінійні ефекти, лагову реакцію системи, прискорення відхилень та стохастичні впливи. У підсумку предметом дослідження виступає цілісна система виявлення фаз підвищеної вразливості економіки та ідентифікації сценаріїв розвитку можливих кризових процесів.

**Метою статті** є формування комплексного методичного підходу до виявлення зон фінансово–економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу, який дозволяє оцінювати структурні зміни в економіці, ідентифікувати ранні сигнали порушення рівноваги та прогнозувати ризикові сценарії розвитку. Стаття спрямована на розроблення системи аналітичних інструментів, що включають побудову кореляційних і коваріаційних матриць, аналіз їхньої динамічної перебудови, визначення адаптивних порогових значень та формування інтегрального індексу нестабільності. Метою також є удосконалення процедур сценарного прогнозування для локалізації зон підвищеної вразливості та підтримки антикризових рішень. У підсумку стаття покликана створити наукове підґрунтя для ефективної діагностики та попередження кризових станів.

Методологія проведення роботи базується на поєднанні мультиіндикаторного аналізу, структурного моделювання та динамічних статистичних методів, що дозволяють комплексно оцінити поведінку економічних індикаторів і визначити зони підвищеної нестабільності. В основі методології – побудова коваріаційної матриці, яка відображає взаємну варіативність індикаторів та дозволяє дослідити узгодженість їхніх змін. Наступним кроком є формування кореляційної матриці, що показує силу та напрям зв'язків між параметрами та дозволяє оцінити структурні зміни системи.

Методологія включає також динамічний аналіз кореляційної структури, адже у періоди зростання напруження індикатори змінюють поведінку: колишні стабільні зв'язки руйнуються, тоді як випадкові – раптово посилюються. Для виявлення таких ефектів застосовується індекс аномальної кореляційної мінливості, що дозволяє оцінити масштаби перебудови взаємозв'язків між параметрами. Важливою складовою методології є визначення адаптивних порогів нестабільності, що змінюються залежно від фази економічного циклу, волатильності індикаторів та швидкості їхньої зміни. Порогові значення моделюються як функція середнього рівня, стандартного відхилення та додаткових параметрів, що враховують структуру стану економіки.

**Результати роботи.** У результаті дослідження сформовано цілісну систему виявлення зон фінансово–економічної нестабільності, що базується на поєднанні структурного аналізу, математичного моделювання і сценарних оцінок. Запропонована система дозволяє виявляти ранні сигнали наближення нестабільності через динамічні зміни кореляцій та коваріацій між ключовими економічними індикаторами. Показано, що саме порушення кореляційної структури є першим маркером того, що економічна система входить у фазу підвищеної вразливості.

Отримані результати свідчать, що індекс аномальної кореляційної мінливості ефективно відо–

бражає масштаби структурної перебудови індикаторів, а адаптивні пороги дозволяють розмежувати стабільні та нестабільні режими. Побудована модель інтегрального індексу нестабільності відзначається здатністю враховувати нелінійні ефекти, лагову реакцію та стохастичні збурення, що забезпечує високу точність прогнозування ризикових сценаріїв.

**Висновки.** Проведене дослідження дозволило сформулювати комплексний підхід до діагностики фінансово-економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу. У висновках встановлено, що сучасне економічне середовище характеризується складною системою взаємозалежностей, де зміна кореляційної структури виступає раннім сигналом нагромадження ризику. Виявлено, що у періоди наростання нестабільності мережеві зв'язки між індикаторами змінюють структуру, посилюючи синхронізацію ризиків, яка здатна призвести до системних кризових процесів. Важливим результатом є доведення того, що фіксовані порогові значення більше не відповідають динамічній природі економічних процесів. Саме тому застосування адаптивних порогів, що залежать від волатильності, структурного напруження та швидкості зміни індикаторів, є більш адекватним підходом до локалізації зон ризику. Показано, що зміна фаз економічного циклу має прямий вплив на конфігурацію допустимих значень індикаторів: широкі пороги у фазі експансії звужуються у фазі спаду, що підвищує чутливість системи до відхилень. Інтегральний індекс нестабільності, запропонований у межах дослідження, довів здатність виявляти не лише поточні, а й приховані структурні зміни, які ще не проявилися у традиційних індикаторах. Його нелінійна, лагова та стохастична природа забезпечує гнучкість і точність оцінок, що є критичним для побудови сценаріїв стрес-тестування.

**Ключові слова:** фінансово-економічна нестабільність, мультиіндикаторний аналіз, кореляційна структура, коваріаційна матриця, адаптивні пороги, інтегральний індекс, системні ризики, сценарне прогнозування, динамічна мінливість.

OLEKSANDR SIEDINKIN

## Detection of the zone of financial and economic instability based on multi-indicator analysis

*The subject of the study is a system for identifying zones of financial and economic instability based on multi-indicator analysis, which encompasses the structural, statistical, and correlation properties of economic indicators capable of signaling the emergence of imbalances. Special attention is devoted to examining the behavior of macro- and microeconomic parameters during periods of structural shifts, external shocks, market turbulence, and transformational processes. The subject also includes the analysis of financial, production, socio-economic, and monetary indicators which collectively form a multidimensional representation of systemic risks.*

*Within the subject area, the study investigates the construction of composite indices, the formation of covariance and correlation matrices, analysis of their dynamics, modeling of abnormal changes in the structure of interrelationships between indicators, and identification of critical thresholds. The subject further includes the study of the adaptive characteristics of the economy—its ability to alter correlation structures under the influence of financial cycles and phases of economic development. A particularly important element is the development of an integral instability index that captures nonlinear effects, lagged responses, accelerated deviations, and stochastic impacts. Ultimately, the subject of the study is a comprehensive system for identifying phases of heightened economic vulnerability and for detecting possible crisis-development scenarios.*

*The purpose of the article is to develop a comprehensive methodological approach to identifying zones of financial and economic instability using multi-indicator analysis, enabling the assessment of structural changes in the economy, the detection of early signals of disequilibrium, and the forecasting of risky development scenarios. The article aims to develop an analytical system that includes the construction of correlation and covariance matrices, analysis of their dynamic restructuring, determination of adaptive threshold values, and formation of an integral instability index. Another goal is to improve scenario-forecasting procedures to localize high-vulnerability zones and support anti-crisis decision-making. Ultimately, the article seeks to establish a scientific foundation for effective diagnostics and prevention of crisis conditions.*

**The research methodology** is based on a combination of multi-indicator analysis, structural modeling, and dynamic statistical methods that make it possible to comprehensively evaluate the behavior of economic indicators and identify zones of heightened instability. At its core lies the construction of a covariance matrix reflecting the mutual variability of indicators, enabling an assessment of the consistency of their changes. The next step is forming a correlation matrix that shows the strength and direction of relationships between parameters and allows for evaluation of structural changes in the system.

The methodology also includes dynamic analysis of the correlation structure, as during periods of rising tension the behavior of indicators changes: formerly stable relationships disintegrate while previously random ones suddenly intensify. To detect such effects, an index of anomalous correlation variability is applied, making it possible to assess the scale of structural restructuring within the system. An important component of the methodology is determining adaptive instability thresholds that vary depending on the phase of the economic cycle, indicator volatility, and the speed of their change. Threshold values are modeled as functions of the mean level, standard deviation, and additional parameters reflecting the structural state of the economy.

**Results of the study.** The research resulted in the creation of an integrated system for detecting zones of financial and economic instability, based on structural analysis, mathematical modeling, and scenario evaluation. The proposed system makes it possible to identify early signals of approaching instability through dynamic changes in correlations and covariances among key economic indicators. It is demonstrated that disruption of the correlation structure is the earliest marker indicating that the economic system is entering a phase of heightened vulnerability.

The findings show that the index of anomalous correlation variability effectively reflects the scale of structural reorganization among indicators, and adaptive thresholds allow the distinction between stable and unstable regimes. The developed integral instability index demonstrates the ability to account for nonlinear effects, lagged responses, and stochastic disturbances, ensuring high accuracy in forecasting risk-laden scenarios.

**Conclusions.** The study has developed a comprehensive approach to diagnosing financial and economic instability using multi-indicator analysis. The conclusions show that the modern economic environment is characterized by complex interdependencies, where changes in the correlation structure serve as early warning signals of accumulating risk. It is identified that during periods of growing instability, network links between indicators undergo structural transformation, intensifying risk synchronization—a phenomenon that may lead to systemic crisis processes.

An important result is the demonstration that fixed threshold values are no longer adequate for the dynamic nature of economic processes. Therefore, the use of adaptive thresholds—dependent on volatility, structural tension, and the speed of indicator changes—provides a more accurate method for localizing risk zones. The study shows that shifts in the economic cycle directly affect the configuration of acceptable indicator ranges: broad thresholds during expansion narrow significantly during contraction, increasing the system's sensitivity to deviations.

The integral instability index proposed in this study has proven capable of detecting not only current but also latent structural changes not yet visible in traditional indicators. Its nonlinear, lagged, and stochastic characteristics ensure flexibility and accuracy—qualities crucial for constructing stress-testing scenarios.

**Keywords:** financial and economic instability, multi-indicator analysis, correlation structure, covariance matrix, adaptive thresholds, integral index, systemic risks, scenario forecasting, dynamic variability.

**Постановка проблеми.** Фінансово-економічна нестабільність є одним із ключових проявів системних порушень у взаємодії економічних індикаторів, що відображають як динаміку ринку, так і внутрішню чутливість економічних структур до змін. У сучасних умовах підвищеної волатильності макроекономічних параметрів, посилен-

ня зовнішніх шоків, зниження стійкості ринкових систем та зростання масштабів інформаційних асиметрій зростає потреба у виявленні зон, де ймовірність накопичення дисбалансів істотно підвищується. Проблема полягає у тому, що нестабільність виникає не як результат окремого відхилення, а як сукупний ефект взаємопов'яза-

них змін, що відображаються у структурі кореляцій та ковариацій між показниками.

Традиційні методи оцінювання економічного стану не забезпечують своєчасного виявлення прихованих фаз переходу до нестабільності, оскільки вони здебільшого зосереджуються на статичних значеннях індикаторів. Проте у реальних економічних системах структурні зрушення починають проявлятися через руйнування існуючих і посилення випадкових кореляцій, що потребує використання складних інтегрованих підходів.

Проблема ускладнюється нелінійністю економічних процесів, стохастичним характером їхніх взаємодій і різною швидкістю реакції окремих індикаторів. У таких умовах визначення критичних порогів, динамічний аналіз зміни кореляційних структур та інтеграція багаточинникової інформації в єдиний індекс нестабільності стають необхідними завданнями. Отже, проблема вимагає розроблення нових аналітичних інструментів, здатних забезпечити раннє попередження про наближення кризових станів та дозволити ідентифікувати зони підвищеної фінансово-економічної вразливості.

#### **Аналіз досліджень і публікацій проблеми.**

У межах аналізу матеріалів, що стосуються тематики фінансово-економічної нестабільності, простежується значна увага до дослідження поведінки економічних індикаторів під впливом ринкових турбулентностей, зовнішніх шоків та структурних трансформацій. У наукових роботах індикаторний аналіз розглядається як ключовий елемент оцінювання системних ризиків, а формування композитних показників — як ефективний спосіб агрегування багатофакторної інформації. Особливе місце займають дослідження, які підкреслюють важливість використання ковариаційних та кореляційних матриць для виявлення прихованих змін у структурі взаємозв'язків між економічними показниками. Встановлено, що зміни у цих матрицях нерідко передують різким відхиленням у макроекономічних параметрах, що робить їх важливими інструментами раннього попередження. У публікаціях також аналізується динамічна природа економічних циклів та їхній вплив на стабільність системи. Зокрема, дослідники відзначають, що під час переходу від однієї фази циклу до іншої значно зростає ймовірність руйнування усталених взаємозв'язків, а випадкові кореляції набувають суттєвої сили. Це обґрунтовує необхідність застосування індексів аномальної кореляційної мінли-

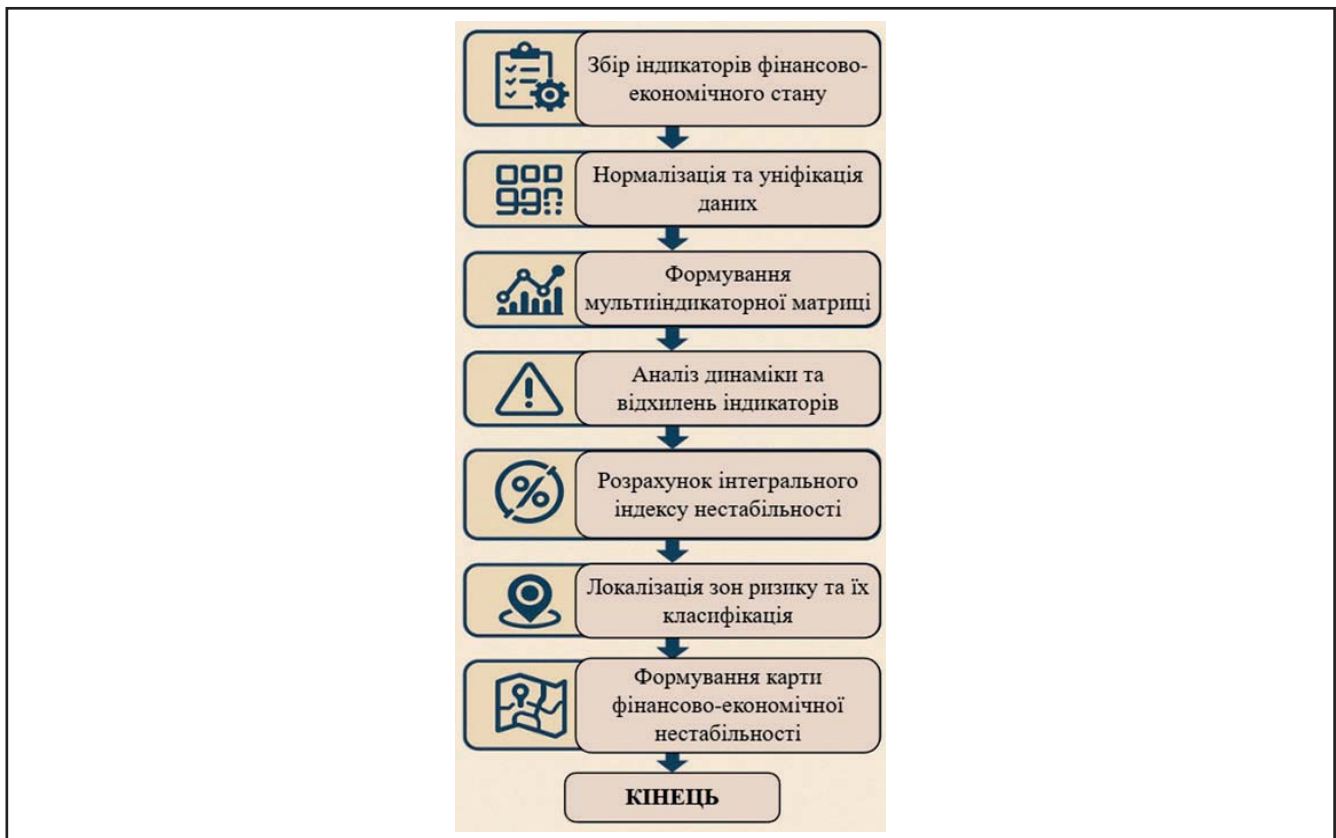
вості та інших показників, здатних відстежувати масштаб структурних перебудов. Окрема група наукових праць присвячена проблемі визначення порогових значень індикаторів у контексті нестабільності. Автори наголошують, що фіксовані пороги не відображають реальної динаміки ринку: у періоди рецесії вони стають значно жорсткішими, тоді як у фазах підйому — більш гнучкими. Тому застосування адаптивних порогів розглядається як більш коректний підхід до діагностики стану економіки.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Виявлення зон фінансово-економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу ґрунтується на системному підході до оцінювання динаміки макро- та мікроекономічних параметрів, що реагують на структурні зрушення, шоки та дисбаланси у внутрішньому та зовнішньому середовищі. Сутність цього підходу полягає у побудові інтегрованої системи діагностики, яка дозволяє не просто фіксувати окремі коливання показників, а визначити характер, глибину та просторово-часові межі нестабільності. Для цього застосовують набір індикаторів різної природи — фінансових, виробничих, соціально-економічних та ринкових, що у взаємозв'язку формують комплексне уявлення про системні ризики.

Мультиіндикаторний аналіз забезпечує синтетичне відображення економічного стану за рахунок поєднання статистичних, експертних та аналітичних методів. Його ключова перевага — здатність ідентифікувати як очевидні, так і латентні тренди деградації економічної стійкості. У цьому контексті важливо враховувати не лише абсолютні значення індикаторів, а й їхні відносні відхилення, швидкість зміни, взаємні кореляції та структурні розриви. Завдяки цьому формується база для виявлення критичних точок, здатних трансформувати локальні порушення у макросистемні кризи.

Визначення зони фінансово-економічної нестабільності передбачає багаторівневу процедуру оброблення даних: від збору та нормалізації до інтеграції й побудови ризикових профілів. Для цього застосовуються методи зважування індикаторів, побудова композитних індексів, факторний та кластерний аналіз, а також моделі прогнозування на основі часових рядів. Після узагальнення результатів формується структурована карта нестабільності, що дозволяє локалізувати проблемні сегменти економічної сис-



**Рисунок 1. Процес виявлення фінансово-економічної нестабільності**

*Джерело: розроблено автором на основі [1]*

теми та оцінити їхній потенційний вплив на всю структуру [1].

Для чіткого структурування процесу оцінювання та подальшого виявлення зони фінансово-економічної нестабільності доцільно відобразити послідовність аналітичних кроків у вигляді рисунка 1. Такий формат дозволяє наочно показати логіку переходу від збору первинних даних до формування інтегрального індикатора та локалізації ризикових сегментів, що забезпечує прозорість методології та полегшує її практичне застосування.

Подальший етап у структурі мультиіндикаторного аналізу — інтерпретація отриманих результатів з позиції причинно-наслідкових зв'язків. Це дає змогу відокремити короткострокові флуктуації від системних порушень, ідентифікувати механізми передачі ризиків між секторами та оцінити рівень адаптивності економічної системи. Стратегічним результатом такого підходу є створення інструментарію раннього попередження, що дозволяє виявляти нестабільність на ранніх стадіях та забезпечувати обґрунтовану підтримку антикризових управлінських рішень.

Виявлення зон фінансово-економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу

неможливо здійснити без глибокого розуміння того, як змінюються взаємозв'язки між ключовими макроекономічними й фінансовими показниками під впливом різних шоків, структурних зрушень або деформацій у ринковому середовищі. Кореляційна структура, яка у стабільній економіці формується здебільшого на базі довгострокових закономірностей, у періоди турбулентності починає демонструвати якісно іншу поведінку. Саме переорієнтація, зміщення або руйнування кореляційних залежностей часто є першим сигналом того, що економіка входить у фазу зростаючої вразливості, коли окремі локальні порушення здатні перерости в системні.

Стійкі економічні системи зазвичай характеризуються передбачуваними взаємозв'язками: монетарні показники демонструють відносно стабільні реакції на зміну грошової маси; ринок праці відображає динаміку реального сектору; валютний курс корелює з платіжним балансом і зовнішніми потоками; ціни активів відгукуються на стан ліквідності та коливання процентних ставок. У таких умовах кореляційне поле є структурованим і добре вписується у класичні макроекономічні моделі. Однак у періоди нестабільності поведінка індикаторів

змінюється нерівномірно: інколи індикатори, що роками рухалися синхронно, починають розходитись; інколи взаємозалежність між зовсім різними секторами різко посилюється, демонструючи так званий ефект синхронізації ризиків. Дослідження авторів показують, що зміни кореляційних структур мають властивість накопичуватися й передувати розвитку кризових процесів задовго до того, як вони стають очевидними [2].

Важливим є те, що зміна кореляції сама по собі не є ні позитивною, ні негативною у змістовному сенсі. Потрібна інтерпретація, яка враховує структурний контекст економіки. Наприклад, надмірне зближення динаміки ринку нерухомості та фондового ринку є ознакою того, що обидві групи активів підпадають під однакові фактори ризику; це створює передумови для одночасного падіння у разі шоку. Водночас розрив між ВВП і зайнятістю може свідчити про технологічну диспропорцію або про те, що реальний сектор вже не створює сталий попит на робочу силу. Саме такі структурні тонкості перетворюють кореляційний аналіз у важливий інструмент мультиіндикаторної діагностики.

Кореляційне поле оцінюється на основі коваріаційної матриці, яка задається формулою

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} (X - \bar{X})(X - \bar{X})^T \quad (1)$$

де  $\Sigma$  — коваріаційна матриця системи індикаторів, що відображає взаємну узгодженість коливань між усіма змінними мультиіндикаторного масиву,  $X$  — вихідна матриця спостережень, у якій кожен стовпець відповідає певному економічному індикатору, а рядки — часовим вимірюванням.

Після чого формується кореляційна матриця:

$$R_{ij} = \frac{\Sigma_{ij}}{\Sigma_{ii} \times \Sigma_{jj}}, \quad (2)$$

де  $R_{ij}$  — нормалізований коефіцієнт кореляції між індикаторами  $i$  та  $j$ , що дає змогу оцінити силу та напрям статистичного зв'язку між ними,  $\Sigma_{ij}$  — ко-

варіація між індикаторами  $i$  та  $j$ , яка відображає спільну варіацію їх відхилень від середніх значень.

Що дає можливість відстежувати не лише абсолютні рівні кореляцій, а й їх змінність у часі. Саме динамічний вимір дозволяє побачити ранні сигнали перехідних станів у системі.

Економічні дослідження, виконані у напрямку аналізу системних ризиків, демонструють, що під час наростання нестабільності кореляційна структура зазнає глибоких перебудов. Це особливо помітно у мережевих моделях, де економіка трактується як набір взаємопов'язаних вузлів, а кореляції — як сила цих зв'язків. Аномальна зміна структури кореляцій фактично відображає зміну архітектури трансмісії ризиків. Роботи показують, що у періоди перед кризами відбувається зростання «централізації» окремих індикаторів, які починають домінувати у структурі взаємозалежностей [3]. Зростають також міжсекторальні зв'язки, що робить систему менш стійкою до локальних шоків.

Для кількісної оцінки масштабів таких змін використовується індекс аномальної кореляційної мінливості:

$$I_{ACV} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k |R_{ij}^{(t)} - R_{ij}^{(t-1)}|, \quad (3)$$

де  $I_{ACV}$  — інтегральна оцінка ступеня структурної перебудови кореляційного поля економічних індикаторів, яка слугує маркером появи нестабільності,  $k$  — загальна кількість індикаторів у мультиіндикаторній системі, між якими обчислюються парні кореляції,  $R_{ij}^{(t)}$  — поточне значення кореляції між індикаторами  $i$  та  $j$  у момент часу  $t$ , що відображає їх актуальний взаємозв'язок,  $R_{ij}^{(t-1)}$  — попереднє значення кореляції між тими самими індикаторами у момент часу  $t-1$ , тобто в базовому періоді.

Такі зрушення впливають на різні сегменти економіки. Ринки активів починають демонструвати надмірну синхронізацію; валютний курс стає

**Таблиця 1. Типові зміни кореляцій під час формування зон економічної вразливості**

Показники	Нормальний стан	Передкризовий стан	Ознака нестабільності
Кореляція між цінами активів	Помірна	Стрімке зростання	Надмірна синхронізація ризиків
Кореляція між ВВП та зайнятістю	Висока	Падає	Структурні порушення ринку праці
Кореляція між інфляцією і грошовою масою	Стабільна	Нестійка	Порушення монетарної трансмісії
Кореляція між курсом і ставками	Помірна	Зростає	Системна залежність від зовнішніх шоків

Джерело: розроблено автором на основі [4]

більш чутливим до змін монетарної політики або зовнішніх потоків; трансмісійний механізм інфляції може перестати працювати в рамках класичних моделей. Усі ці процеси створюють передумови для підвищеної вразливості економічної системи, оскільки зростає ймовірність одночасної реалізації кількох негативних факторів [4]. Окремі ознаки таких кореляційних зрушень систематизовано у таблиці 1.

Зміна кореляційних структур є одним з ключових механізмів формування зон економічної вразливості. Вона не лише відображає поведінку окремих секторів, а й демонструє, як ризики передаються по системі, які канали трансмісії посилюються, які руйнуються та які нові структури формуються у періоди невизначеності. Такі зміни часто передують кризовим явищам і можуть слугувати основою для побудови систем раннього попередження. Мережеві моделі, методи мультиіндикаторної інтеграції, аналіз динамічних кореляційних матриць та структурної мінливості показників дають змогу локалізувати зони потенційної нестабільності та оцінити масштаби майбутніх макрофінансових дисбалансів.

Встановлення порогових значень у мультиіндикаторному аналізі фінансово-економічної нестабільності є критично важливою складовою сучасної діагностики системних ризиків, оскільки саме пороги визначають момент переходу системи зі стану контрольованої мінливості у режим підвищеної вразливості. У науковій традиції питання порогів пов'язане з дослідженнями Кармен Рейнхарт і Кеннета Рогоффа, які показали, що економічні індикатори мають властивість змінювати свою поведінку залежно від фази фінансового циклу, і що усталені статистичні залежності перестають працювати у кризових режимах [5]. Пошук критичних значень у їхніх дослідженнях ґрунтується на розмежуванні режимів стабільності і нестабільності, що вже підводить систему до ідеї змінних порогів. Аналогічно у працях Марка Гертлера та Бена Бернанке, присвячених фінансовому акселератору, вплив нестабільності в різних секторах економіки описується через точки перегину, які фактично виконують роль порогів, після досягнення яких слабкі сигнали дисбалансу починають різко посилюватися [6]. На іншому полюсі досліджень, але з тією ж логікою зміни режимів, стоять роботи Джеймса Гамільтона, який увів у економіку моделі перемикання режимів Марков

Switching Models, придатні для ідентифікації кризових та стабільних фаз у макроекономічних рядах [7]. У цих моделях сам перехід між режимами виконує роль порогової межі, що робить цей підхід методологічно сумісним із мультиіндикаторною оцінкою зон нестабільності.

Сутність побудови порогових значень полягає у тому, щоб відокремити нормальні коливання від відхилень, які можуть бути небезпечними при певних структурних умовах. Найпростіший підхід до визначення критичних значень — статистичний, де поріг задається як лінійна комбінація середнього значення індикатора та його стандартного відхилення:

$$T_c = \mu_x + \lambda \times \sigma_x, \quad (4)$$

де  $\mu_x$  є середньою історичною величиною індикатора,  $\sigma_x$  — стандартним відхиленням, а коефіцієнт  $\lambda$  відображає рівень допуску системи до ризиків. Для ринків, схильних до високої волатильності, цей коефіцієнт може бути більшим, тоді як у стабільних середовищах його зменшують. Однак, як свідчить аналіз Рейнхарт і Рогоффа, у реальних економічних процесах просте статистичне відхилення рідко є достатнім, адже порогові значення змінюються залежно від фази бізнес-циклу, боргової динаміки, зовнішніх шоків і структурних зрушень [8].

У зв'язку з цим у дослідженнях Джеймса Гамільтона, Хоука Тонга та сучасних економетриків сформувалися нелінійні моделі порогового типу, які враховують стан системи та змінюють критичні межі залежно від контексту. Порогові авторегресійні моделі й моделі плавного переходу дозволяють визначати, у якій точці поведінка індикатора перестає відповідати нормальному режиму та переходить у кризовий [9]. Узагальнена форма адаптивного порогового рівня може бути подана як:

$$I_{thr}(t) = \alpha_0 + \alpha_1 V(t) + \alpha_2 D(t), \quad (5)$$

де  $V(t)$  — волатильність параметра, а  $D(t)$  — швидкість його зміни. Висока волатильність автоматично знижує поріг, оскільки система стає менш стійкою до відхилень; навпаки, у фазі стабільності пороги можуть бути ширшими.

Пороги змінюються залежно від фази економічного циклу, що добре ілюструється у таблиці 2.

Практичне використання адаптивних порогів отримало розвиток у дослідженнях Мартіна Чихака та аналітиків МВФ, які запропонували композитні індикатори фінансової вразливості. Їхня логіка базується на багатовимірному оцінюванні, де пороги

**Таблиця 2. Адаптивні порогові значення при різних фазах економічного циклу**

Індикатор	Фаза експансії	Фаза уповільнення	Фаза рецесії	Інтерпретація
Державний борг (% ВВП)	65–75	55–60	45–50	Зниження допустимого рівня у спаді
Інфляція (%)	2–4	4–6	3–5	Відображення монетарних шоків
Безробіття (%)	4–6	6–8	8–12	Підвищення чутливості у рецесії
Кредитна активність (%)	8–12	4–7	0–3	Зростання ризику у фазі спаду

Джерело: розроблено автором на основі [4]

визначаються не для окремих змінних, а для їхнього ансамблю. Це дозволяє відобразити системний характер ризиків, що є неможливим при аналізі окремих показників. У цих моделях важливою є поведінка фінансового сектору, який, згідно з теорією фінансового акселератора Гертлера та Бернанке, має властивість посилювати шоки у моменти перевищення критичних значень [10].

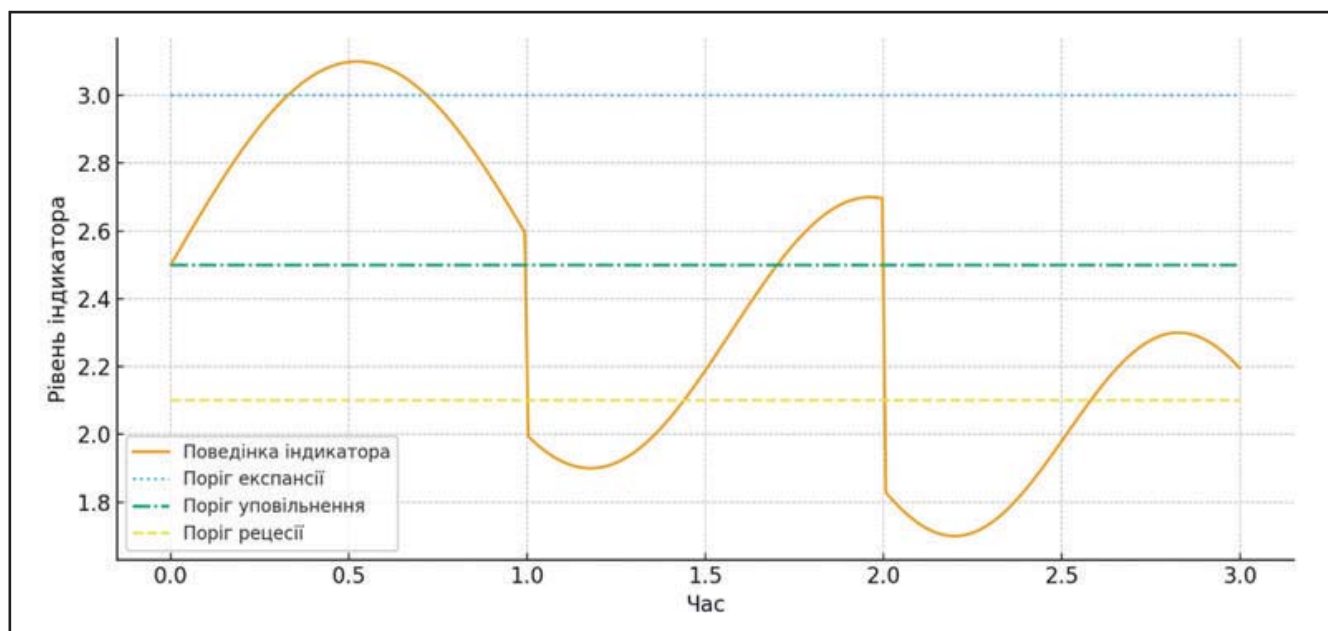
Для того щоб продемонструвати, як змінюються критичні межі індикаторів у різні фази економічного циклу, доцільно звернутися до рисунка 2. Такий графічний підхід дозволяє показати еволюцію порогових значень у часі, відобразити поступове звуження або розширення допустимих діапазонів та пояснити, як структурні зсуви у фінансовій системі трансформують межі між стабільними та нестабільними режимами [11].

Цей графічний профіль показує, що у фазі зростання економіка поглинає широкий діапазон відхилень і порогові є високими. У фазі уповільнення допустимий діапазон стискається, а у рецесії знижується настільки, що навіть невелике

відхилення індикатора може бути інтерпретоване як небезпечне.

У сукупності ці підходи — від емпіричної ідентифікації кризових порогів у роботах Рейнхарт і Рогоффа до нелінійних режім-залежних моделей Гамільтона і фінансових циклів Гертлера та Бернанке — формують фундаментальну базу для побудови адаптивних порогів у мультиіндикаторному аналізі. Завдяки їм можна визначити реальні межі між стабільними та нестабільними режимами, що є центральним у виявленні зон фінансово-економічної нестабільності та побудові систем раннього попередження [12].

Застосування інтегрального індексу фінансово-економічної нестабільності для прогнозування коротко- та середньострокових ризикових сценаріїв базується на властивостях мультиіндикаторної структури, яка дозволяє описати системну динаміку не як суму окремих процесів, а як єдину нелінійну конструкцію з численними внутрішніми зв'язками. Інтегральний індекс виконує роль агрегованого параметра, що ре-



**Рисунок 2. Адаптивна динаміка порогових значень індикатора у фазах економічного циклу**

Джерело: розроблено автором на основі [11]

агує на зсуви в кореляційній, ковариаційній та структурній матриці взаємодій між індикаторами. Завдяки цьому індекс здатний формувати ранні сигнали переходу системи в інший стан рівноваги, що є ключовим для побудови сценаріїв напруження, дестабілізації та кризового розвитку.

Формально інтегральний індекс може бути представлений не лише як лінійна комбінація нормалізованих змінних, а як результат багатовимірного нелінійного перетворення, яке враховує лагову структуру, взаємодію між індикаторами, а також вплив ендегенних і стохастичних компонентів. Узагальнена структура індексу набуває вигляду:

$$I(t) = \left( \sum_{i=1}^n w_i \times Z_i(t)^{\gamma^i} \right)^\theta + \beta \times \sqrt{Z(t-L)^T \Sigma(t) Z(t-L) + \varepsilon(t)}, \quad (5)$$

де  $Z_i(t)$  — нормалізовані значення індикаторів,  $w_i$  — вагові коефіцієнти,  $\gamma^i$  — коефіцієнти нелінійності,  $\theta$  — параметр агрегування,  $L$  — лаг затримки реакції системи,  $\Sigma(t)$  — динамічна ковариаційна матриця, а  $\varepsilon(t)$  — стохастичний шум, що моделює випадкові впливи. Така структура дозволяє оцінювати не лише поточний стан, але й інерційні характеристики динаміки, враховуючи ефект накопичення напруження в системі.

Подальше ускладнення прогнозової моделі пов'язане з необхідністю визначення темпів зміни індексу. Замість класичної другої похідної може застосовуватися узагальнений оператор прискорення, який враховує нелінійну траєкторію:

$$A(t) = \frac{d}{dt} \left[ \frac{dI(t)}{dt} + \eta \times I(t)^\lambda \times \frac{dI}{(t-\tau)dt} \right], \quad (5)$$

де  $\eta$  — коефіцієнт підсилення,  $\lambda$  — показник нелінійності, а  $\tau$  — часовий зсув. Така конструкція дозволяє моделювати ситуації, коли локальні зміни індексу викликають самопосилення або самозгасання динаміки, що є типово для фаз фінансової нестабільності.

Прогнозування короткострокових сценаріїв зазвичай здійснюється через моделі, побудовані на лагових операторних структурах. Середньострокове прогнозування потребує врахування змін рівноважної траєкторії, адаптивних порогів та структурного дрейфу. Для цього застосовується стохастичне рівняння сценарної еволюції:

$$I(t+h) = \Phi(h) \times I(t) + \int_t^{t+h} G(s) \times A(s) ds + \Omega(h) \times \xi(t), \quad (5)$$

де  $\Phi(h)$  — матриця переходу,  $G(s)$  — функція чутливості,  $\Omega(h)$  — дисперсійна матриця шуму, а  $\xi(t)$  — вектор випадкових збурень. Структура такого рівняння дозволяє прогнозувати траєкторію індексу для різних сценаріїв — базового, напруженого та стресового.

Для практичного застосування важливо мати інтерпретаційну шкалу рівнів індексу, яка відображає перехід системи між станами стабільності та нестабільності [13]. Узагальнена таблиця 3 наведена нижче.

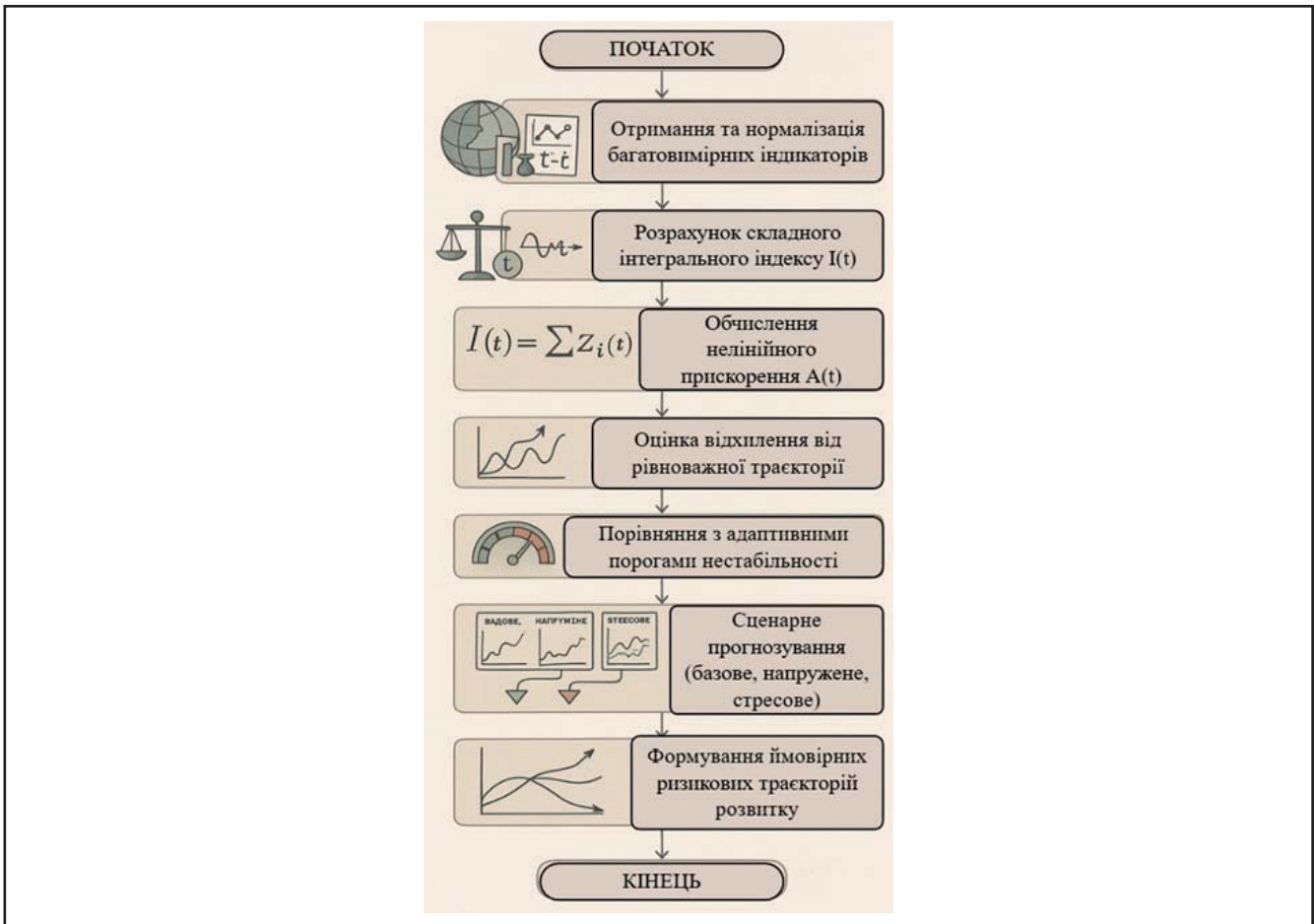
Наведений нижче рисунок 3 виконує роль стислої структурованої візуалізації всього процесу прогнозування ризикових сценаріїв на основі інтегрального індексу нестабільності. Він відображає логічний перехід від первинного збору параметрів до розрахунку складних нелінійних показників, подальшої оцінки динаміки та формування прогнозних траєкторій.

У своєму узагальненому вигляді інтегральний індекс нестабільності, збагачений нелінійними, лаговими та стохастичними параметрами, виступає не просто інструментом оцінювання поточного стану, але й гнучким прогнозним механізмом. Його динамічна структура дозволяє виявляти приховані процеси структурного зміщення, оцінювати швидкість переходу до критичних фаз та ідентифікувати сценарії, у яких невеликі порушення здатні перерости у системні кризи. Саме нелінійні форми індексу, динамічна ковариація та лагова реакція індикаторів ро-

**Таблиця 3. Інтерпретація рівнів інтегрального індексу нестабільності**

Рівень індексу	Характеристика стану	Імовірні сценарії розвитку
0–0.3	Низьке напруження	Стандартна динаміка, відсутність структурних ризиків
0.3–0.6	Формування напруження	Локальні дисбаланси, початкові ознаки перегріву або ослаблення
0.6–0.8	Висока нестійкість	Підвищена вірогідність фінансового шоку або імпульсного розриву
0.8–1.0	Критичний стан	Загроза системної кризи та стрибкоподібного переходу

Джерело: розроблено автором на основі [13]



**Рисунок 3. Прогнозування фінансово-економічної нестабільності**

Джерело: розроблено автором на основі [14]

блять його одним з найефективніших інструментів мультиіндикаторного прогнозування.

Узагальнення проведеного викладу показує, що виявлення зон фінансово-економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу формується як цілісна наукова концепція, у якій поєднуються структурний погляд на економіку, глибокі статистичні методи, динамічні моделі й процедурна логіка оцінювання станів системи. У центрі цієї методології стоїть розуміння того, що економічне середовище ніколи не є статичним, а стабільність і напруження перебувають у постійній взаємодії. Ключові індикатори, які відображають стан фінансових ринків, виробничої активності, монетарної динаміки та соціально-економічних процесів, утворюють складну систему взаємозалежностей, у якій навіть невеликі зсуви можуть призвести до формування масштабних дисбалансів.

У межах цього підходу важливо не лише оцінювати окремі показники, а розглядати їх у структурі взаємодій. Зміна кореляційних зв'язків відображає перебудову економічної архітектури, а поя-

ва аномальних відхилень у коваріаційній структурі свідчить про накопичення ризику. Порогові значення, що слугують межовими орієнтирами, не можуть бути фіксованими, адже економіка проходить через різні циклічні фази, і кожна з них має власний рівень чутливості до внутрішніх і зовнішніх збурень. Саме тому адаптивні пороги, які змінюються залежно від волатильності, структурної напруги та динаміки трендів, формують основу точного розмежування стабільних та нестабільних режимів [15].

Інтегральний індекс нестабільності, побудований на основі багатовимірних параметрів, виконує роль системного маркера, що узагальнює комплексну поведінку економіки. Такий індекс здатний виявляти приховані тенденції, які ще не проявляються у прямих індикаторах, але вже виникають у структурі взаємозв'язків. Завдяки інтеграції лагових ефектів, реакції на нелінійність, прискорення динаміки та стохастичних компонентів індекс здатен прогнозувати ризикові сценарії розвитку й визначати критичні зони, де ймовірність деста-

білізації суттєво зростає. Сценарний підхід перетворює систему оцінювання з ретроспективного аналізу на інструмент передбачення, що дозволяє ідентифікувати потенційні загрози ще до їхнього перетворення на реальні кризи.

У підсумку мультиіндикаторний аналіз постає як ефективний спосіб раннього виявлення збільшеної вразливості економічної системи. Він дозволяє комплексно оцінити силу та напрям структурних змін, розпізнати формування критичних точок і визначити траєкторії можливого розвитку подій. Усі елементи — зміна кореляційної структури, адаптивні пороги, інтегральний індекс, сценарне прогнозування — формують єдиний методологічний простір, у якому виявлення нестабільності стає не реактивною, а проактивною управлінською практикою. Такий підхід забезпечує більш точне розуміння природи економічних ризиків і створює підґрунтя для обґрунтованого стратегічного планування та ефективного антикризового регулювання.

### Висновок

Проведене дослідження дозволяє сформулювати цілісне уявлення про методологічні засади виявлення зон фінансово-економічної нестабільності на основі мультиіндикаторного аналізу. Основним результатом є розуміння того, що економічна нестабільність формується не стільки у результаті відхилення окремого індикатора, скільки через комплексну перебудову структури взаємозв'язків між показниками. Саме тому системний підхід, що дозволяє оцінювати не лише значення, а й взаємодію параметрів, постає критично необхідним.

Виявлено, що динамічні зміни у кореляційних та коваріаційних матрицях є ранніми сигнальними маркерами наближення нестабільності. У фазах турбулентності економічні показники змінюють структуру взаємодії: традиційні кореляції слабшають, тоді як випадкові — посилюються. Така перебудова створює ситуацію синхронізації ризиків, коли окремі шоки здатні поширюватися на всю систему.

Застосування адаптивних порогів продемонструвало свою ефективність для визначення критичних зон вразливості. На відміну від фіксованих меж, адаптивні пороги змінюються відповідно до циклічної динаміки, волатильності індикаторів та ступеня структурного напруження. Це дозволяє більш точно визначати момент переходу від стабільного до нестабільного режиму.

Інтегральний індекс нестабільності, що формується на основі нормалізованих індикаторів, вагових коефіцієнтів, лагових ефектів та параметрів стохастичності, продемонстрував значну інформативність у відображенні системної напруги. Його здатність ідентифікувати приховані структурні зміни робить його дієвим інструментом як для прогнозування, так і для розроблення стратегії антикризового реагування.

Важливим є встановлення того, що у фазах ринкової нестабільності відбувається централізація ризиків: окремі показники починають домінувати у структурі змін, а міжсекторальні взаємозв'язки різко посилюються. Це означає, що локальні проблеми можуть набувати загальносистемного характеру.

### Список використаних джерел:

1. Греко С., Ішізака А., Тасіу М., Торрісі Г. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness / S. Greco, A. Ishizaka, M. Tasiou, G. Torrisi // *Social Indicators Research*. — 2019. — Vol. 141, № 1. — P. 61–94. — DOI: 10.1007/s11205-017-1832-9.
2. Як альтернатива ви можете використати таке джерело: Mishkin F.S. A Developing Country Perspective // *NBER Working Paper No. 5600*, 1996.
3. Лоренц Я., Баттістон С. Systemic risk in a network fragility model analyzed with probability density evolution of persistent random walks / J. Lorenz, S. Battiston // *Networks and Heterogeneous Media*. — 2008. — Vol. 3, № 2. — Pp. 185–200. — DOI: 10.3934/nhm.2008.3.185.
4. Collective synchronization and high-frequency systemic instabilities in financial markets — Calcagnile L.M., Bormetti G., Treccani M., Marmi S., Lillo F. (2015).
5. Reinhart C. M., Rogoff K. S. Growth in a Time of Debt. — *NBER Working Paper No. 15639*, National Bureau of Economic Research (NBER), 2010.
6. Ben S. Bernanke, Mark Gertler, Simon Gilchrist. The Financial Accelerator and the Flight to Quality / B. S. Bernanke, M. Gertler, S. Gilchrist // *The Review of Economics and Statistics*. — 1996. — Vol. 78, № 1. — P. 1–15.
6. James D. Hamilton. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle / J. D. Hamilton // *Econometrica*. — 1989. — Vol. 57, № 2. — P. 357–384.
7. Carmen M. Reinhart, Kenneth S. Rogoff. Growth in a Time of Debt / C. M. Reinhart, K. S. Rogoff. — *NBER Working Paper No. 15639*, National Bureau of Economic Research, 2010. — 46 p.

8. Martin Cihák, & International Monetary Fund. (2019). Analytical Frameworks and Toolkits in IMF Financial Surveillance / I. Jeanne (ed.). International Monetary Fund. — 45 p.

9. Петроне Д., Латора В. A dynamic approach merging network theory and credit risk techniques to assess systemic risk in financial networks / D. Petrone, V. Latora // Scientific Reports. — 2018. — Vol. 8. — Article No. 5561. — DOI: 10.1038/s41598-018-23689-5.

10. Чуприна Ю., Петренко Г., Гриненко І., Ніколаєва М., Поколенко В., & Савчук Т. (2021). Методологічна регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесно-орієнтованого менеджменту в сучасній системі будівельного девелопменту. Управління розвитком складних систем, (48), 125–134

11. Systemic Risk Index – Integrated Indicator of Financial Sustainability / Oleg Ivanets. — European Journal of Sustainable Development, Vol. 6, № 4, 2017. — Pp. 502–510. — DOI: 10.14207/ejsd.2017.v6n4p502.

12. Арзамасов В. «Modeling Integral Financial Stability Index: A Cross-Country» / V. Arzamasov. — 2014. — [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://ideas.repec.org/p/hig/wpaper/75-ec-2014.html>

13. Чуприна Ю.А., Петренко Г.С., Гриненко І.М., Поколенко В.О. Методологічна регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесно-орієнтованого менеджменту в сучасній системі будівельного девелопменту // Управління розвитком складних систем. — 2021. — № 48. — с. 125–134

14. Holly D., Kirbly M., Mıro I. CISS – a Composite Indicator of Systemic Stress in the Financial System / D. Holly, M. Kirbly, I. Mıro. — ECB Occasional Paper No. 1426, 2012.

#### References:

1. Hreko S., Ishizaka A., Tasiu M., Torrici H. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness / S. Greco, A. Ishizaka, M. Tasiou, G. Torrici // Social Indicators Research. — 2019. — Vol. 141, №1. — P. 61–94. — DOI: 10.1007/s11205-017-1832-9.

2. Yak al'ternatyva vy mozhete vykorystaty take dzherelo: Mishkin F.S. A Developing Country Perspective // NBER Working Paper No. 5600, 1996.

3. Lorents Ya., Battiston S. Systemic risk in a network fragility model analyzed with probability density evolution of persistent random walks / J. Lorenz, S. Battiston // Networks and Heterogeneous Media. — 2008. — Vol. 3, №2. — Pp. 185–200. — DOI: 10.3934/nhm.2008.3.185.

4. Collective synchronization and high frequency systemic instabilities in financial markets — Calcagnile L.M., Bormetti G., Treccani M., Marmi S., Lillo F. (2015).

5. Reinhart C. M., Rogoff K. S. Growth in a Time of Debt. — NBER Working Paper No. 15639, National Bureau of Economic Research (NBER), 2010.

6. Ben S. Bernanke, Mark Gertler, Simon Gilchrist. The Financial Accelerator and the Flight to Quality / B. S. Bernanke, M. Gertler, S. Gilchrist // The Review of Economics and Statistics. — 1996. — Vol. 78, № 1. — P. 1–15.

7. James D. Hamilton. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle / J. D. Hamilton // Econometrica. — 1989. — Vol. 57, № 2. — P. 357–384.

8. Carmen M. Reinhart, Kenneth S. Rogoff. Growth in a Time of Debt / C. M. Reinhart, K. S. Rogoff. — NBER Working Paper No. 15639, National Bureau of Economic Research, 2010. — 46 p.

9. Martin Cihák, & International Monetary Fund. (2019). Analytical Frameworks and Toolkits in IMF Financial Surveillance / I. Jeanne (ed.). International Monetary Fund. — 45 p.

10. Petrone D., Latora V. A dynamic approach merging network theory and credit risk techniques to assess systemic risk in financial networks / D. Petrone, V. Latora // Scientific Reports. — 2018. — Vol. 8. — Article No. 5561. — DOI: 10.1038/s41598-018-23689-5.

11. Chupryna Yu., Petrenko H., Hrynenko I., Nikolayeva M., Pokolenko V., & Savchuk T. (2021). Metodolohichna rehlementatsiya ta analityko-informatsiyne zabezpechennya protsesno-orientovanoho menedzhmentu v suchasniy systemi budivel'noho developmentu. Upravlinnya rozvytkom skladnykh system, (48), 125–134

12. Systemic Risk Index – Integrated Indicator of Financial Sustainability / Oleg Ivanets. — European Journal of Sustainable Development, Vol. 6, № 4, 2017. — Pp. 502–510. — DOI: 10.14207/ejsd.2017.v6n4p502.

13. Arzamasov V. «Modeling Integral Financial Stability Index: A Cross-Country» / V. Arzamasov. — 2014. — [Elektron. resurs] — Rezhym dostupu: <http://ideas.repec.org/p/hig/wpaper/75-ec-2014.html>

14. Chupryna Yu.A., Petrenko H.S., Hrynenko I.M., Pokolenko V.O. Metodolohichna rehlementatsiya ta analityko-informatsiyne zabezpechennya protsesno-orientovanoho menedzhmentu v suchasniy systemi budivel'noho developmentu // Upravlinnya rozvytkom skladnykh system. — 2021. — № 48. — s. 125–134

15. Holly D., Kirbly M., Mıro I. CISS – a Composite Indicator of Systemic Stress in the Financial System / D.

Holly, M. Kirby, I. Miro. — ECB Occasional Paper No. 1426, 2012.

**Дані про автора**

**Сєдінкін Олександр Валерійович,**

аспірант Київського національного університету будівництва і архітектури

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7079-0949>

e-mail: ASedinkin@gmail.com

**Data about the author**

**Oleksandr Siedinkin,**

PhD Student at Kyiv National University of Construction and Architecture

e-mail: ASedinkin@gmail.com

*Надходження статті до редакції 08.12.2025*

*Прийнято до друку 14.12.2025*

*Опубліковано 30.12.2025*