

**РОЗДІЛ 1**  
**D БІЗНЕС, АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ПРАВО**  
**D2 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок**

**ІНСТРУМЕНТАРІЙ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО**  
**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАНКІВСЬКОЇ**  
**ІНФРАСТРУКТУРИ**

ВАСЮРЕНКО Олег Володимирович, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри кібербезпеки, інформаційних технологій та економіки, ORCID ID: 0000-0003-3225-0744, Київський університет інтелектуальної власності та права, м. Київ.

ЛЯШЕНКО В'ячеслав Вікторович, фахівець-практик, завідувач лабораторії медіа систем та технологій, ORCID ID: 0000-0001-5455-5026, Харківський національний університет радіоелектроніки

Сучасний розвиток новітніх технологій з отримання, переробки та інтерпретації даних зумовлює приділення постійної уваги процесам забезпечення інформаційної безпеки, що складає основу формування загальної парадигми кіберзахисту. Важливість формування таких умов є одним з ключових факторів розвитку керуючих систем із застосуванням сучасних комп'ютерних комплексів, мережових технологій, новацій у різних супутніх сферах відповідного розвитку [1]. Необхідним є також розвиток технологій, методів та підходів, спрямованих на захист критично важливих систем, мережевого обладнання та контенту від негативного цифрового впливу.

Таким чином, саме кібербезпека є ключовим елементом у досягненні конфіденційності, цілісності та доступності даних, можливості стабільного розвитку без зовнішнього втручання в будь-які процеси.

Застосування та випереджаючий розвиток цифрових та хмарних технологій, упровадження віддалених систем комунікації з використанням штучного інтелекту визначає необхідність підвищення безпеки не лише окремих вузлів прийому, буферизації та переробки інформації, а й

відповідного функціонування системи в цілому, заради якої здійснюється необхідна обробка даних.

### **1.1. Забезпечення кіберзахисту та розбудови системи кібербезпеки для банківської інфраструктури**

Відтак питання кібербезпеки та кіберзахисту охоплюють різні сфери діяльності, де окремо слід виділити банківську інфраструктуру, яка у сучасних реаліях активно трансформується у мережеву структуру цифрового банкінгу. Разом з цим, варто також визначити важливість та значимість банківської інфраструктури як для розвитку економіки та країни в цілому, так й для формування нових засад здійснення надійного кіберзахисту у фінансовій сфері задля досягнення кібербезпеки у різних галузях діяльності на благо добробуту людини. Це обумовлено тим, що банківська інфраструктура є однією з ключових сил, яка забезпечує безперервний рух фінансових потоків між різними суб'єктами господарювання, інституціями, населенням [2, 3]. Таким чином, банківська система є одним з ключових елементів формування та розвитку ринкової економіки, дієвості фінансового ринку. До того ж банківська система визначає одну з класичних моделей функціонування фінансового ринку (bank based financial system) що орієнтується, насамперед, на банківське фінансування. Саме ця модель внаслідок історичних обставин та ряду об'єктивних факторів більш притаманна для ринкових відносин в Україні.

Відтак розгляд будь яких питань щодо забезпечення кіберзахисту та розбудови системи кібербезпеки для банківської інфраструктури набуває особливого значення. При цьому, з точки зору забезпечення сталості кіберзахисту для банківської інфраструктури важливим є упровадження методів аналізу узгодженості даних між собою, що є актуальним питанням при розбудові відповідної системи кібербезпеки у фінансовій сфері та, зокрема, в процесі функціонування банківської інфраструктури [4, 5].

Необхідність врахування узгодженості даних з погляду сталості функціонування систем кібербезпеки підтверджується низкою досліджень різних науковців. Наприклад, Y. R. Bhandayker відмічає, що кібербезпека відіграє важливе значення в системі даних та у додатках щодо обміну інформацією [6]. Підвищення ефективності кіберзахисту в інформаційних структурах є життєвою необхідністю для досягнення сталості функціонування відповідних структур та систем, до яких й відноситься банківська інфраструктура. Поряд з цим слід враховувати складність організації даних, що підтверджує необхідність пошуку нових методів та підходів з метою підвищення ефективності виявлення виникаючих проблемних питань та формування виважених рішень для їх усунення. При цьому, за висловленням J. M. Borcky та T. H. Bradley практично кожна система обробки інформації та прийняття рішень стикається з загрозою зовнішнього втручання [7]. Це визначає необхідність звертати увагу на різні аспекти аналізу щодо належного забезпечення кіберзахисту з метою запобігання виникненню будь яких загроз досліджуваній системі та посилення її захисту. Підтвердженням цьому є дослідження K. M. Rajasekharaiah, C. S. Dule та E. Sudarshan, де автори звертають увагу на попередження кіберзагроз, що виникають через застосування новітніх технологій [8]. При цьому, автори такого дослідження підкреслюють, що кібербезпека охоплює різні управляючі системи та сфери обслуговування. Інші дослідники також звертають увагу на широке коло різних сфер застосування засад дотримання кібербезпеки з метою належного захисту інформації та прийняття рішень [9, 10]. Відтак потреби в надійному застосуванні таких комплексів вимагають застосування цілої сукупності заходів та підходів щодо захисту інформаційних систем та даних. При цьому, доцільно мати певний набір стратегій, які дозволяють підвищити рівень безпеки та захист відповідних систем, враховуючи їх функціональну спрямованість. З метою обґрунтування таких стратегій представляється доцільним ретельний аналіз ефективності прийнятих рішень з метою

підвищення ступеня захисту від небажаних впливів. Це у свою чергу потребує врахування предметної сфери застосування кіберзахисту, визначення множини можливих підходів до розкриття виникаючих загроз.

Ключове місце у банківській інфраструктурі займає саме банківська система, яка складається з:

центрального банку, який формує відповідні засади й вимоги нормативно-правового регулювання щодо ведення банківської діяльності згідно потреб економіки країни й функціонування різних суб'єктів господарювання, контролює дотримання таких засад й вимог на основі постійного моніторингу встановлених ключових індикаторів;

низки комерційних банків, які забезпечують та підтримують економічну взаємодію між окремими суб'єктами господарювання, населенням, державою у фінансовій сфері.

Окрім цього до банківської інфраструктури відносяться інші організації, установи та об'єкти, які забезпечують функціонування банківської системи та надають необхідні послуги для обслуговування банківських операцій. Тобто це можуть бути: спеціалізовані кредитні установи, фінансові компанії, клірингові центри, системи електронних платежів тощо.

Відтак взаємодія між усіма складовими банківської інфраструктури та, зокрема, взаємозв'язок між окремими банками, забезпечує сталість ведення банківської діяльності, дієвість функціонування банківської системи та розвиток економіки країни в цілому. Розглядаючи технологічну специфіку ведення банківської діяльності, доцільно детально проаналізувати її практичні аспекти та розкрити можливі помилки, запобігти їх виникненню у майбутньому на основі побудови адекватної прогностичної моделі, що можна вважати основою кіберзахисту, зміцнення загального стану кібербезпеки щодо банківської інфраструктури. Це є також важливим для забезпечення економічної безпеки та управління діяльністю

банків, банківською системою тощо, що у підсумку впливає на ефективність економічної динаміки на макрорівні.

Для узагальнення та розкриття окремих аспектів ведення банківської діяльності, а відтак і забезпечення стійкості банківської інфраструктури, застосовуються різні підходи, методи, теорії. Серед таких підходів, методів та теорій можна виділити: теорію нечіткої множини [11], теорію ймовірності [12], методи аналізу за допомогою нейронних мереж [13], методи статистичного аналізу [3, 14, 15], вейвлет аналіз [16, 17].

Процеси, які узагальнюють змістовність ведення банківської діяльності, здійснюються в наслідок цілої низки факторів, яким притаманна змінність та швидкоплинність. Це вимагає застосування окремих підходів щодо інтерпретації та визначення процесів банківництва. До того ж, наявність різних інструментів аналізу дозволяє глибше зрозуміти те, що відбувається, провести додатковий аналіз.

Зазвичай банківська діяльність, а відтак й ефективність банківської інфраструктури, узагальнюється у цілій сукупності різних показників (окремі нормативні показники діяльності банків, обсяги залучених коштів на депозитні рахунки, обсяги наданих кредитів у розрізі окремих галузей економіки, відсотки за наданими кредитами тощо), які визначаються відповідно до певного різновиду такої діяльності згідно визначених проміжків часу. Тож можна надати за допомогою часових рядів даних просторо-часовий опис банківської діяльності, визначити дієвість функціонування банківської інфраструктури.

У загальному вигляді такий формалізований опис представляється як сукупність окремих часових рядів, якщо йдеться про часову складову

$$OBT = \{f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)\}, \quad (1)$$

де ОВТ – узагальнений формалізований опис функціонування банківської інфраструктури з погляду визначення часової складової у вигляді окремих часових рядів;

$f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$  – окремі часові ряди що визначають змістовність функціонування банківської інфраструктури протягом певного часу  $t = \overline{0, s}$  за окремими показниками, наприклад, такими як 1 – обсяг коштів на депозитних рахунках населення, 2 – обсяг наданих кредитів, й таке інше (усього  $n$  показників щодо визначення змістовності банківської інфраструктури).

При цьому, згідно формалізованого опису (1) доцільно розглядати відповідний опис банківської інфраструктури в розрізі її окремих організаційних складових або сукупності банків (як окремого організаційного елемента банківської інфраструктури) або на рівні окремого банку. Це надає можливості для дослідження різних аспектів економічної динаміки такої інфраструктури. Таким чином розглядається економічна динаміка для певного елемента банківської інфраструктури, окремого банку, групи банків або банківської системи чи банківської інфраструктури в цілому. Зокрема, формалізований опис функціонування банківської інфраструктури за виразом (1) дозволяє проводити дослідження наявної динаміки її розвитку та визначати ретроспективу змінності відповідних показників, їх взаємного впливу на підсумковий результат. Такий підхід є традиційним при проведенні досліджень щодо поточного аналізу діяльності банків, ведення відповідної діяльності за окремими напрямками та визначення умов подальшого функціонування банків, розвитку банківської діяльності в цілому. В якості прикладу таких досліджень, де дані визначаються як певні часові ряди, можна вказати цілу низку робіт [18, 19].

Разом з цим ми також можемо розглядати просторовий опис функціонування банківської інфраструктури на основі часових рядів даних.

В такому випадку, формалізований опис із визначення дієвості банківської інфраструктури можна подати, наприклад, у такий спосіб:

$$ОВР = g_n^T(P_1, P_2, \dots, P_c), \quad (2)$$

де ОВР – узагальнений формалізований опис функціонування банківської інфраструктури з погляду визначення просторової складової її узагальнення у вигляді часових рядів;

$g_n^T(\dots)$  – просторовий опис окремої множини певних структурних елементів банківської інфраструктури  $(P_1, P_2, \dots, P_c)$ , що визначається с-множиною її окремих елементів за окремим показником  $n$  на певну дату  $T$  з досліджуваного проміжку часу  $t = \overline{0, s}$ .

Тоді, маючи множину просторових описів функціонування банківської інфраструктури  $(P_1, P_2, \dots, P_c)$  за окремими показниками їх діяльності  $(1, 2, \dots, n)$  можна узагальнити формалізований опис відповідної діяльності з погляду визначення просторової складової на певну дату  $T$  як

$$\{g_1^T(P_1, P_2, \dots, P_c), g_2^T(P_1, P_2, \dots, P_c), \dots, g_n^T(P_1, P_2, \dots, P_c)\}, \quad (3)$$

або на різні дати  $(T_0, T_1, \dots, T_s)$  з обраного проміжку часу  $t = \overline{0, s}$  для окремого показника  $n$  як

$$\{g_n^{T_0}(P_1, P_2, \dots, P_c), g_n^{T_1}(P_1, P_2, \dots, P_c), \dots, g_n^{T_s}(P_1, P_2, \dots, P_c)\}. \quad (4)$$

Формалізований опис функціонування банківської інфраструктури за виразами (2-4) сприяє, насамперед, визначенню взаємних впливів між різними її сегментами (наприклад в розрізі окремих банків) з урахуванням опису ведення відповідної діяльності за окремими показниками. Такий

аналіз дозволяє як ранжувати певну групу сегментів банківської інфраструктури (банків, кредитних спілок, фінансових компаній) за окремими показниками їх діяльності, так й розкрити наявні зв'язки впливу щодо такого ранжування. Прикладом досліджень, які засновані на формалізованому описі банківської діяльності, кредитних спілок або фінансових компаній з погляду визначення просторової складової такого узагальнення у вигляді часових рядів, можна вказати метод стохастичного граничного аналізу [3, 20].

Отже, визначення функціонування банківської інфраструктури у вигляді сукупності часових рядів можна вважати поширеним підходом, який дозволяє проводити необхідний аналіз за допомогою традиційних та класичних інструментів. Втім такий аналіз, як правило, розкриває переважно наявні зв'язки між досліджуваними параметрами, що дещо звужує базу прийняття рішень. Таке зауваження є важливим з урахуванням необхідності забезпечення надійного кіберзахисту. При цьому слід звернути увагу на те, що аналіз динаміки різноманітних показників функціонування банківської інфраструктури визначає також відповідні інформаційні потоки. Саме ці потоки і є джерелом упровадження тих або інших методів кіберзахисту, покращення кібербезпеки такої фінансової інфраструктури. Тобто, динаміка рухомості відповідних часових рядів даних визначає інформаційні потоки сталості та безпечності (з погляду функціонування або дієвості банківської інфраструктури) такого руху.

Для розв'язання такого завдання представляється доцільним застосування методології вейвлетів. Це пов'язано з тим що, методологія аналізу даних на основі застосування вейвлетів, передбачає використання різних спеціалізованих функцій до рядів даних, які за своїми ознаками слід визначити як часові ряди даних. Ключовою серед таких ознак є чітко визначений інтервал (лаг) послідовного відбору даних для формування відповідного ряду. У той же час природа визначення такого інтервалу (лагу) може бути різною [21]. Це може бути часовий лаг (рік, місяць, тиждень, доба

тощо) або, наприклад, певне ранжування даних відповідно до обраної шкали (тоді в якості лагу відбору даних можна розглядати розташування наших даних відповідно зробленого ранжування, де такий лаг вказує на кількість позицій, за якими такі дані відрізняються).

В якості спеціалізованих функцій для проведення вейвлет аналізу розглядаються так звані функції вейвлет перетворення, які дозволяють перетворити первинний ряд даних на сукупність декількох рядів у вигляді апроксимуючих коефіцієнтів та коефіцієнтів деталізації. Серед таких функцій вказують [16, 17, 22]:

функцію материнського вейвлету  $\phi(t)$ , яка розкриває деталі досліджуваних даних та так звані деталізуючі коефіцієнти;

скейлінг функцію  $\varphi(t)$ , яка визначає так звані апроксимуючі коефіцієнти та дозволяє створити менший, але наближений ряд даних до первинного ряду. Це дозволяє пришвидшити час обробки первинних даних та отримати первинні приблизні результати.

Таким чином безперервне вейвлет перетворення для деякого часового ряду  $f(t) \in L^2(\mathbb{R})$  на інтервалі часу  $t$  матиме наступний формалізований запис [21, 22]

$$W_f(u, s) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \phi\left(\frac{t-u}{s}\right) dt, \quad (5)$$

де  $\frac{1}{\sqrt{s}}$  – відображує нормалізацію даних;

$u$  – параметр місця знаходження елемента часового ряду;

$s$  – параметр масштабу;

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dt = 0. \quad (6)$$

Первинний ряд даних  $f(t)$  можна відобразити у вигляді сукупності окремих рядів  $f^i(t)$  його  $N$  розкладів за апроксимуючими коефіцієнтами ( $\text{apr}$ ) та коефіцієнтами деталізації ( $\text{det}$ ) [21, 22]:

$$f(t) = \sum_{i=1}^N f^i(t), \quad (7)$$

$$f^N(t) = \text{apr}^N(N)\varphi(t) + \text{det}^N(N)\phi(t), \quad (8)$$

$$\text{apr} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\varphi(t)dt, \quad (9)$$

$$\text{det} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\phi(t)dt, \quad (10)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t)dt = 1. \quad (11)$$

Таким чином, вейвлет перетворення дозволяє побудувати ієрархічну структуру вхідного досліджуваного часового ряду  $f(t)$ . Відтак можна знайти найбільш важливі (характерні) точки первинного часового ряду, який досліджується. При цьому стає можливим отримання набору нових характеристик первинного ряду даних. У підсумку таке перетворення сприяє проведенню більш деталізованого аналізу первинних даних та виявленню прихованих тенденцій. Саме завдяки цьому інструментарію методи теорії вейвлетів відрізняються своєю ефективністю від класичних підходів. Це пов'язано з тим, що інформаційні потоки, які породжуються часовими рядами, мають фрактальні властивості, що й розпізнає вейвлет перетворення в можливість володіти більшою інформативністю [17, 21]. Зокрема розклад первинного ряду даних на його окремі складові (коефіцієнти апроксимації та деталізації) дозволяє більш ґрунтовно та детально дослідити зміни тенденцій у початковому ряді даних (за рахунок коефіцієнтів деталізації) та зменшити час обробки вхідної інформації (за рахунок визначення ієрархічної структури первинного ряду, де окремі структурні елементи є значно меншими але подібними до первинного ряду даних).

Отже, вейвлет перетворення є простим та ґрунтовним інструментом для аналізу відповідних даних.

## 2.1. Застосування вейвлет когерентності

Для більш складного аналізу за доцільним є застосування вейвлет когерентності, яка вимірює локальну кореляцію двох часових рядів у часово-частотній області на основі аналізу перехресних зв'язків між досліджуваними рядами. Це дозволяє провести аналіз взаємної динаміки різних часових рядів даних та їх вплив між собою. Відтак можна казати або про взаємну узгодженість або про взаємну неузгодженість досліджуваних рядів даних. Це особливо важливо в контексті забезпечення кіберзахисту та досягнення бажаного рівня кібербезпеки. При цьому варто зауважити на тому, що:

можна аналізувати дані у часі та робити відповідні висновки. Водночас з цим також можна обрати значний інтервал часу відтак усі рішення до відповідного ведення аналізу будуть відображені в одному дослідницькому вікні. Отже, можна спостерігати змінність певних тенденцій та проводити аналіз такої змінності;

разом з цим (відповідно до аналізу часових змін) також можливим є визначення глибини наявних зв'язків між досліджуваними даними. З погляду класичних підходів до відповідного аналізу ми повинні застосовувати окремі методи. У даному разі вимірювання вейвлет когерентності дозволяє отримати результати за різними напрямками дослідження та проаналізувати їх. Отже, існує можливість отримати додаткову та досить важливу інформацію щодо врахування змінності наявних тенденцій, їх тривалість та впливовість на майбутні періоди часу. А це вже є прямою інформацією для забезпечення та дотримання належного рівня кіберзахисту.

Відтак, вейвлет когерентність розширює межі проведення аналізу, дозволяє отримати додаткову інформацію та згрупувати результати в одному дослідницькому вікні, що спрощує проведення аналізу отриманих

результатів з урахуванням комплексного та системного бачення рівня організації банківської інфраструктури.

Для проведення такого дослідження та вимірювання вейвлет когерентності застосовується наступний вираз [16, 17]

$$R^2(f_1, f_2) = \frac{|\Pi(f_2^{-1}\Omega_{xy}(f_1, f_2))|}{\Pi(f_2^{-1}|\Omega_x(f_1, f_2)|^2)\Pi(f_2^{-1}|\Omega_y(f_1, f_2)|^2)}, \quad (12)$$

де  $R^2(f_1, f_2)$  – формалізований опис обчислення вейвлет когерентності у вигляді квадрату абсолютного значення згладжених крос вейвлет спектрів, нормованих на мультиплікативне визначення згладжених окремих вейвлет-спектрів потужності кожного ряду даних,  $0 \leq R^2(f_1, f_2) \leq 1$ ;

$\Omega_{xy}(f_1, f_2)$  – крос вейвлет спектр для окремих часових рядов  $f_1(t)$  та  $f_2(t)$  по часу (по осі  $x$ ) та частоті (по осі  $y$ );

$\Pi$  – оператор згладжування.

Для реалізації опису обчислення вейвлет когерентності застосовується вейвлет Морле, який має достатню частотно-часову локалізацію у дослідженні узгодженості між окремими рядами даних.

В якості прикладу на рис.1 подано окремі оцінки вейвлет когерентності між обсягами залучених ресурсів на депозитні рахунки та обсягами наданих кредитів. Такі оцінки можуть розглядатися в розрізі визначення рівня ефективності ведення відповідного напряму банківської діяльності та ефективності використання наявних ресурсів в цілому по системі банківської інфраструктури.

По осі абсцис відкладено часові параметри аналізованих рядів даних, які визначають порядкові номери окремих часових вимірів з досліджуваної послідовності. Вісь абсцис дозволяє аналізувати взаємність між даними у часі.

По осі ординат відкладено зважену характеристику вейвлет коефіцієнтів аналізованих рядів у часово-частотному просторі їх виміру, де кожна одиниця виміру вказує на глибину взаємозв'язку між досліджуваними рядами даних. Таким чином, вісь ординат дозволяє аналізувати глибину взаємозв'язків відповідно до певних проміжків часу згідно даних осі абсцис.

У полі рисунків також відображено числові значення опису вейвлет когерентності між окремими часовими рядами, що подані у вигляді кольорових параметрів. Ці кольорові параметри подані відповідно до шкали значимості, що наведена праворуч кожного рисунка. Значення вейвлет когерентності знаходиться у діапазоні від 0 до 1. Окремі області – це локалізація узгодженості (значення вейвлет когерентності прагне до 1) або неузгодженості (значення вейвлет когерентності прагне до 0) рядів що досліджуються.

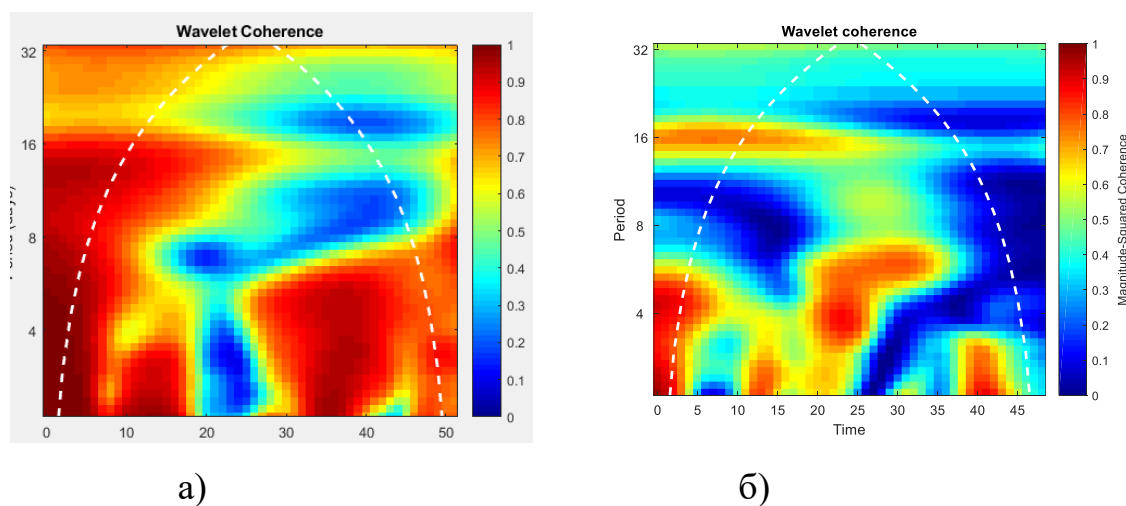


Рисунок 1 – Приклад оцінок вейвлет когерентності між окремими часовими рядами, які характеризують дієвість функціонування банківської інфраструктури:

а) ефективна дієвість; б) фрагментарна дієвість

Перервна біла лінія обмежує область достовірних значень вейвлет когерентності (при рівні достовірності не менше ніж 0,95). Таким чином, ми маємо статистичні параметри, які вказують на достовірність отриманих результатів. Ці значення вейвлет когерентності знаходяться всередині пунктирної лінії.

Отже, виходячи з даних рис.1а, можна визнати в цілому ефективну узгодженість між обсягами руху залучених коштів та наданих кредитів, яка втім має й неузгодженість упродовж певного часу між 20-30 відліками за часовою характеристикою по осі абсцис. Поясненням цьому може бути вплив певних негативних факторів або переорієнтація на ринку кредитування та залучення ресурсів внаслідок підвищення вимог регулятора до встановлених нормативних показників.

Дані рис.1б вказують на фрагментарну узгодженість між обсягами руху залучених коштів та наданих кредитів. При цьому спостерігаються значні часові періоди, де є значна неузгодженість між досліджуваним рухом відповідних часових рядів. Відтак це може бути підставою для вжиття заходів щодо посилення кіберзахисту та підвищення кібербезпеки внаслідок порушення дієвості такого важливого напрямку банківської діяльності. У даному випадку результати оцінки вейвлет когерентності вказують на доцільність підвищення кіберзахисту у сфері забезпечення стабільності банківської інфраструктури.

Не менш важливим напрямом економіко - математичного моделювання процесів функціонування банківської інфраструктури в контексті забезпечення сучасних умов кіберзахисту є розгляд прогнозів. Це дозволяє оцінити наявну нормативну дієвість банківської інфраструктури. В даному сенсі слід підкреслити, що суттєву роль під час аналізу стійкості банківської системи, а відтак й банківської інфраструктури, займають питання управління банківською ліквідністю. Це визначається тим, що рівень ліквідності з погляду її достатності ототожнюється з можливістю

виконання як поточних, так й непередбачених зобов'язань банку перед своїми клієнтами.

Разом з цим, рівень банківської ліквідності є значною мірою взаємопов'язаним з певним рівнем прибутковості як окремого банку, так й банківської системи загалом. Таким чином, в якості одного з параметрів порівняльної оцінки функціонування та розвитку банківської інфраструктури з погляду дотримання бажаного рівня її кіберзахисту можна застосувати рівень ліквідності та прибутковості.

Якщо розглядати ймовірну інтерпретацію системи управління банківською діяльністю з урахуванням певного рівня ліквідності, слід враховувати, що банк прагне підтримувати обсяг ліквідних коштів на рівні, мінімально достатньому для забезпечення виконання наявних зобов'язань. Таким чином, банк також розраховує ймовірність того, коли і в якому розмірі йому будуть потрібні запозичені ресурси для виконання своїх зобов'язань. При цьому також слід враховувати, що рівень ліквідності тісно взаємопов'язаний з рівнем прибутковості банку та у загальноприйнятому розумінні виражається як зворотно пропорційна залежність.

Інтерпретація розвитку банківської системи або банківської інфраструктури в цілому, на основі аналізу ліквідності, може бути розглянута як ймовірність попадання випадкової двовимірної величини в деяку задану область, де межі такої області виступають прийнятними та допустимими параметри рівнів ліквідності та прибутковості.

Аналітична форма запису такої ймовірнісної інтерпретації має наступний вигляд [23, 24]

$$\begin{aligned} P(x_1 < X < x_2, y_1 < Y < y_2) &= \\ &= \int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} f(x, y) dx dy, \end{aligned} \quad (13)$$

де  $P(\dots)$  – імовірність отримання прийняттого результату;

$f(x, y)$  – закон розподілу випадкової величини, який дозволяє обчислити ймовірність улучення випадкової величини в будь-яку підмножину своїх можливих значень, цей закон може бути встановлений на підставі попередніх статистичних даних з корегуванням на відповідні нормативні положення щодо ведення банківської діяльності;

дохідність проведення деякої банківської операції  $X$  змінюється в інтервалі від  $X_1$  до  $X_2$  при відповідному впливі її на зміну ліквідності  $Y$  в інтервалі від  $Y_1$  до  $Y_2$ . Це узагальнює в собі відоме визначення стосовно того, що більш дохідні банківські операції є й більш ризиковими, а відтак, наприклад, ймовірність перетворення відповідної позики, як частки активів в наявні кошти зменшується. Тобто ліквідність теж зменшується.

У разі зміни діапазонів дохідності та ліквідності, а саме їх розширення збільшується область припустимого їх співвідношення, що можна інтерпретувати як підвищення ризику проведення банківської операції, якщо вона попала в діапазон такого збільшення. Це повністю співпадає як з економічною інтерпретацією збільшення дохідності певної операції (збільшується ризик), так і імовірнісною інтерпретацією влучення у більш меншій діапазон [23, 24].

Як приклад застосування даного підходу розглянемо, насамперед, визначення закону розподілу випадкової величини, який пов'язує між собою дохідність та ліквідність. У простішому випадку таку залежність можна представити у вигляді нормального закону розподілу [23, 24]:

$$f(x, y) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_X \cdot \sigma_Y \cdot \sqrt{1 - \rho_{XY}^2}} \times \\ \times \exp\left[-\frac{1}{2 \cdot (1 - \rho_{XY}^2)} \cdot \left(\frac{(x - a_X)^2}{\sigma_X^2} + \frac{(y - a_Y)^2}{\sigma_Y^2} - \right.\right.$$

$$-2 \cdot \rho_{XY} \cdot \frac{x - a_X}{\sigma_X} \cdot \frac{y - a_Y}{\sigma_Y} \Big] \Big], \quad (14)$$

де  $x$  – поточне значення випадкової величини  $X$  дохідності деякої банківської операції;

$y$  – поточне значення випадкової величини  $Y$  рівня ліквідності деякої банківської операції;

$a_X$  – математичне очікування величини дохідності, яка відображує центральну тенденцію випадкової величини  $X$ , наприклад, деякого банку протягом певного аналізованого часу;

$a_Y$  – математичне очікування рівня ліквідності певного банку протягом деякого періоду часу, яка відображує центральну тенденцію випадкової величини  $Y$ ;

$\sigma_X$  – середньоквадратичне відхилення дохідності, яке характеризує ступень зміни випадкової величини  $X$ ;

$\sigma_Y$  – середньоквадратичне відхилення рівня ліквідності, яке характеризує ступень зміни випадкової величини  $Y$ ;

$\rho_{XY}$  – коефіцієнт кореляції між дохідністю та рівнем ліквідності деякої банківської установи протягом певного часу, що відображує ступень взаємозв'язку означених показників.

Якщо маємо деякій розподіл певного рівня ліквідності банку та його дохідності за кредитними операціями протягом конкретного інтервалу часу, то можемо спрогнозувати ймовірність отримання бажаного доходу від заданої операції при заздалегідь визначеному рівні ліквідності.

Наприклад, можна визначити – як змінюється ймовірність того, що дохідність банку за певною банківською операцією буде знаходитися у межах 10–11% при тому, що відповідна поточна ліквідність буде в інтервалі 55–58%. Для цього скористаємося формулами 13 та 14, попередньо розрахувавши усі необхідні значення аналізованих величин. Результат

такого аналізу приведено на рис.2.

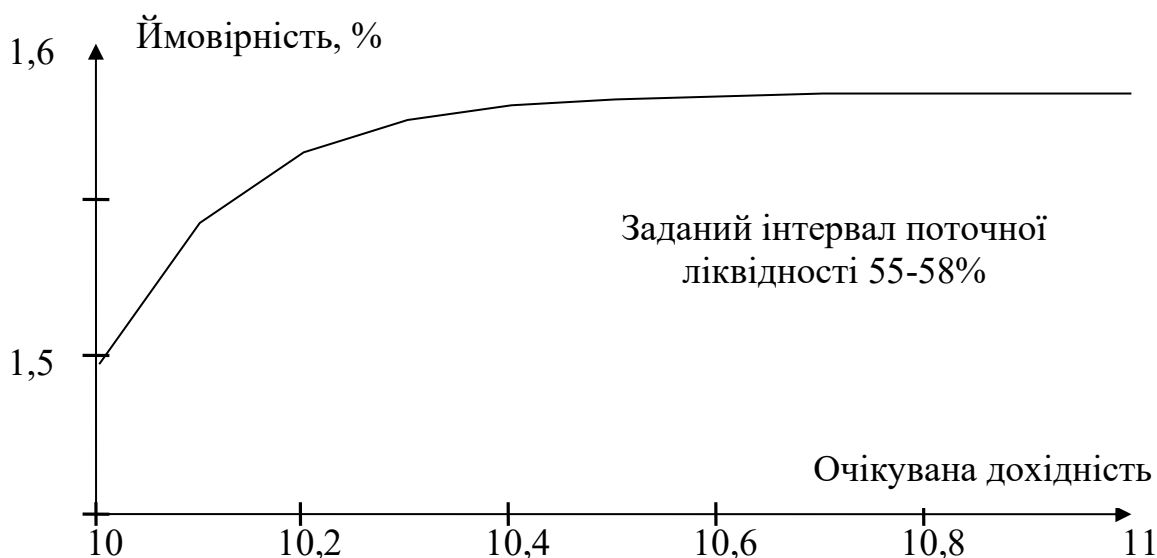


Рисунок 2 – Динаміка зміни ймовірності отримання запланованої дохідності від руху фінансових потоків за визначеними параметрами діяльності банку

Як видно з рис.2, при заданих параметрах та з урахуванням попередньої історії розвитку банку, досягнення запланованого рівня дохідності навряд чи є можливим, бо відповідна ймовірність є досить низькою. Водночас з цим, такі параметри вказують на можливу вразливість банківської установи під час кіберзагроз. У підсумку це зумовлює необхідність підвищення кіберзахисту такої установи у визначені моменти часу.

Разом з цим, зміна нижньої межі ліквідності сприяє значному покращенню бажаної ймовірності (рис.3).

Тобто, з точки досягнення прийняттого рівня кібербезпеки, представляється доцільним прийняти цей фактор до уваги. Відтак питання щодо застосування ймовірнісних моделей до прогнозування є виправданим з точки визначення бажаного рівня кібербезахисту.

В якості окремих параметрів за формулами 13 та 14 також можна розглядати не окремий банк, а банківську систему або банківську інфраструктуру в цілому та проводити відповідне порівняння.

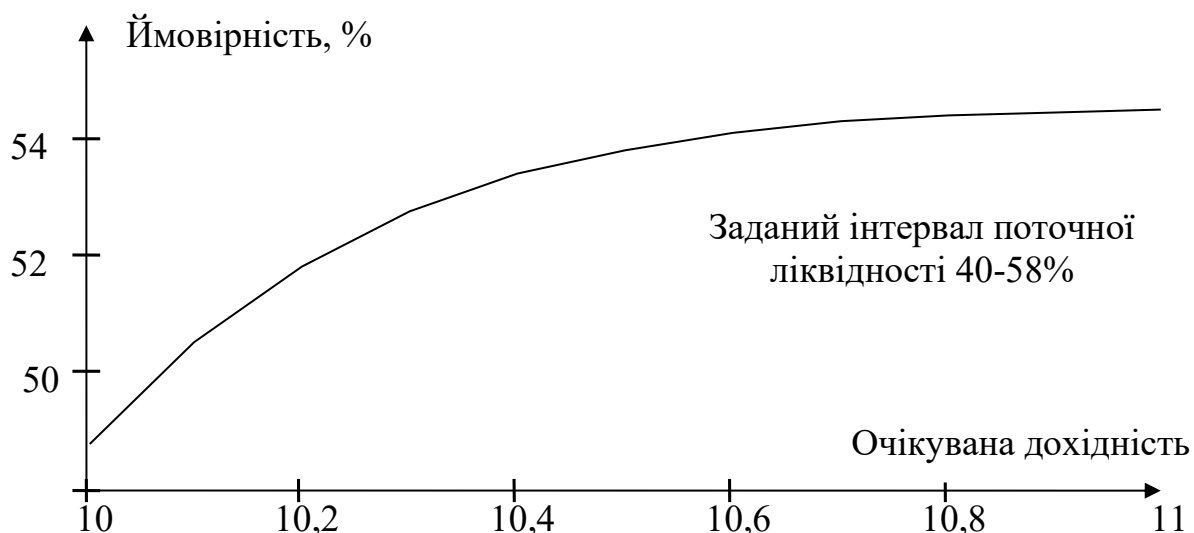


Рисунок 3 – Динаміка зміни ймовірності отримання запланованої дохідності від руху фінансових потоків за визначеними параметрами діяльності банку

Також можна розглядати й інші параметри, які характеризують певний різновид функціонування банківської інфраструктури. При цьому, метою такого порівняння знову таки може бути визначення умов виникнення кіберзагроз з погляду різних систем та елементів інфраструктури.

Як приклад використання ймовірнісної оцінки порівняння банківських систем на основі обліку взаємозв'язку рівнів ліквідності та прибутковості, розглянуто відповідні показники аналогічних періодів для двох різних умовних прикладів: банківська система 1 та банківська система 2 (див. рис. 4).

Зауважимо, що ймовірність оптимально можливого рівня прибутковості банківських систем залежно від можливого інтервалу варіювання рівня поточної ліквідності визначається згідно величини спреду між кредитними та депозитними ставками (рис.4). Інакше кажучи, у даному випадку важливим є встановлення прийняттого співвідношення між рівнем різних відсоткових ставок, що може бути індикатором сталості розвитку банківської системи. Відтак така система є більш захищеною від кіберзагроз.

З даних рис.4 видно, що банківська система 2 є більш стійкою у своєму

розвитку щодо припустимого інтервалу поточної ліквідності. Це впливає, насамперед, із більших значень відповідної ймовірності. При цьому, в даному випадку береться до уваги той факт, що прибутковість по банківській системі 2 в цілому визначається не так максимальною величиною спреду процентних ставок, скільки можливістю отримання більш доступних ресурсів і обсягом обороту коштів, що проходять через банківську систему.

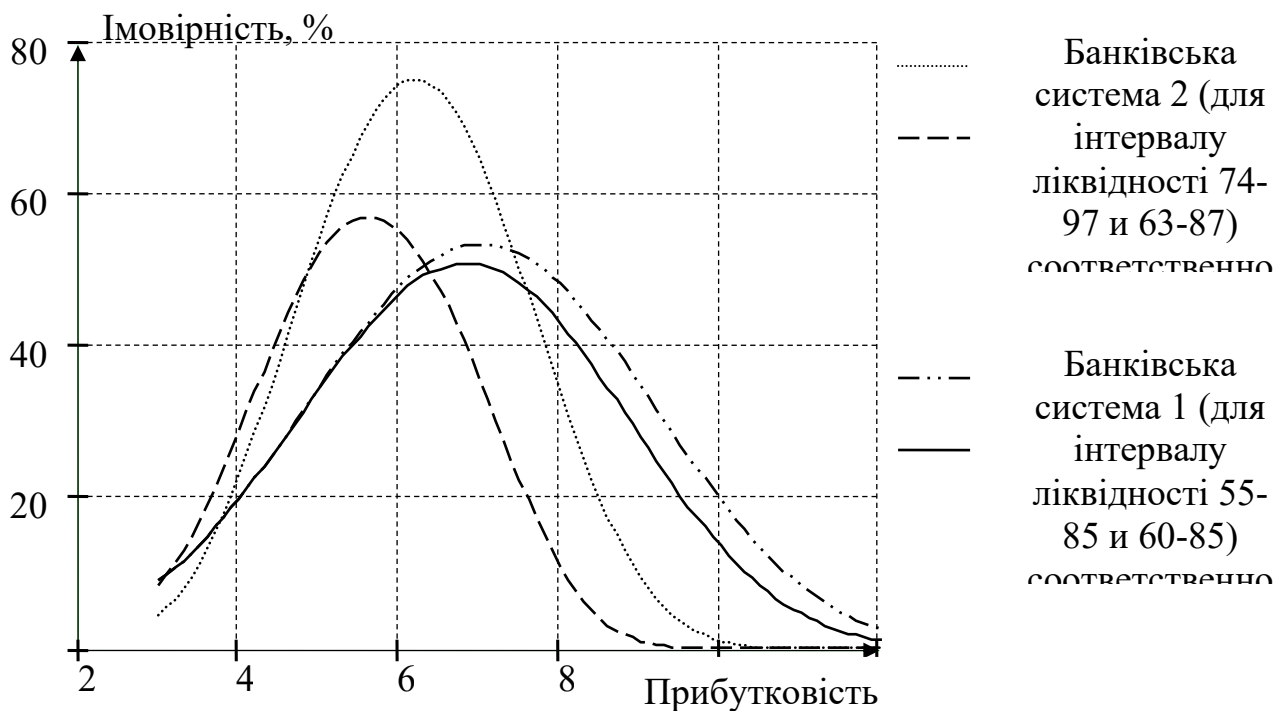


Рисунок 4 – Ймовірнісна оцінка прибутковості двох досліджуваних банківських систем для різних можливих інтервалів поточної ліквідності

На рис.5 представлена ймовірність того, наскільки доцільним є збільшення спреду між депозитними та кредитними ставками з урахуванням можливих змін інтервалів поточної ліквідності для банківської системи 1 та банківської системи 2.

З даних рис.5 видно, що відповідні граничні значення спредів для різних банківських систем корелюють із даними рис.4. У той же час ймовірнісна оцінка доцільності збільшення спреду для банківської системи 1 в окремому випадку є більшою, ніж для банківської системи 2. Цей факт

можна інтерпретувати як більшу схильність банківської системи 1 до збільшення спреда між кредитними та депозитними ставками. Іншими словами, в даному аспекті можна говорити про менш стійкий розвиток банківської системи, який пов'язаний з ризиком формуванням та/або розміщення відповідної ресурсної бази в розрізі видів банківської діяльності. Це також потребує врахування при забезпеченні доцільного рівня кіберзахисту в системі кібербезпеки банківської інфраструктури.

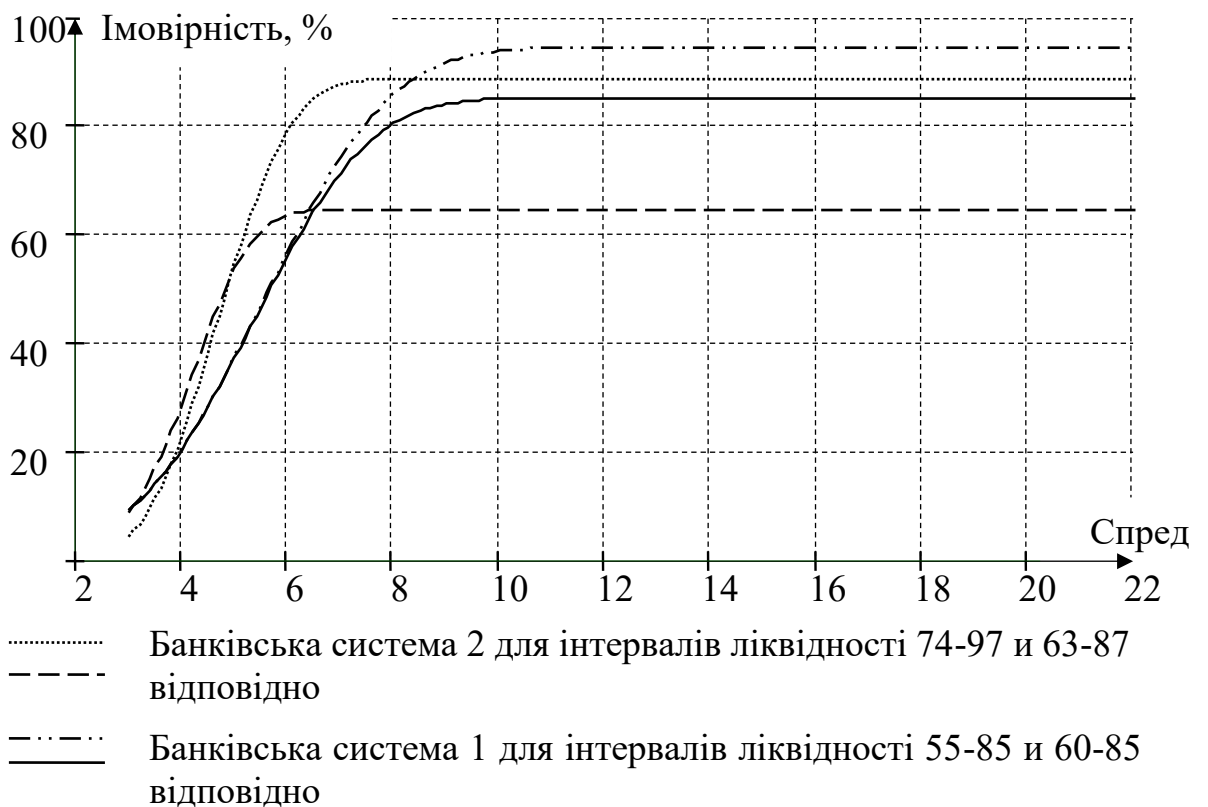


Рисунок 5 – Імовірнісна оцінка доцільності збільшення спреда між депозитними та кредитними ставками з урахуванням припустимих інтервалів

### Список використаних джерел до розділу 1

1. Thakur, K., Qiu, M., Gai, K., & Ali, M. L. (2015, November). An investigation on cyber security threats and security models. In 2015 IEEE 2nd international conference on cyber security and cloud computing (pp. 307-311).

2. Kuzemin, A., Lyashenko, V., Bulavina, E., & Torojev, A. (2005). Analysis of movement of financial flows of economical agents as the basis for designing the system of economical security (general conception). In Third international conference «Information research, applications, and education (pp. 27-30).
3. Vasyurenko, O., Lyashenko, V., Podchesova, V. (2014). Efficiency of lending to natural persons and legal entities by banks of Ukraine: methodology of stochastic frontier analysis. *Visnyk Natsional'noho banku Ukrainy – Herald of the National Bank of Ukraine*, 1, 5-11
4. Al-Alawi, A. I., & Al-Bassam, M. S. A. (2020). The significance of cybersecurity system in helping managing risk in banking and financial sector. *Journal of Xidian University*, 14(7), 1523-1536.
5. Mishra, S. (2023). Exploring the impact of AI-based cyber security financial sector management. *Applied Sciences*, 13(10), 5875.
6. Bhandayker, Y. R. (2019). An overview of cyber security. *International Journal of Research*, 8(3), 2236-6124.
7. Borky, J. M., & Bradley, T. H. (2018). Protecting information with cybersecurity. In *Effective model-based systems engineering* (pp. 345-404). Cham: Springer International Publishing.
8. Rajasekharaiah, K. M., Dule, C. S., & Sudarshan, E. (2020, December). Cyber security challenges and its emerging trends on latest technologies. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 981, No. 2, p. 022062). IOP Publishing.
9. Alhogail, A., & Alsabih, A. (2021). Applying machine learning and natural language processing to detect phishing email. *Computers & Security*, 110, 102414.
10. Paul, E., Callistus, O., Somtobe, O., Esther, T., Somto, K., Clement, O., & Ejimofor, I. (2023). Cybersecurity strategies for safeguarding customer's data and preventing financial fraud in the United States financial sectors. *International Journal on Soft Computing*, 14(3), 01-16.
11. Kuzemin, A., Lyashenko, V. (2006). Fuzzy set theory approach as the basis of analysis of financial flows in the economical security system. *International Journal Information Theories & Applications*, 13(1), 45–51.

12. Kuzomin, O., Lyashenko, V. (2013). Analysis of Features and Possibilities of Bank Functioning Efficiency Based on the Method of Stochastic Frontiers. *International Journal Information Models and Analyses*, 2(2), 132–138.
13. Sharma S. K. (2019). Integrating cognitive antecedents into TAM to explain mobile banking behavioral intention: A SEM-neural network modeling. *Information Systems Frontiers*, 21(4), 815–827.
14. Vasiurenko, O., Baranova, V., & Lyashenko, V. (2024). Probability distributions of interest rates on loans and deposits in a study of banking activities. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(1), 49-56.
15. Vasiurenko, O., Lyashenko, V., & Hushynets, D. (2022). Financial Flows Management Based on the Analysis of Their Interaction. *International Journal of Academic Management Science Research (IJAMSR)*, 6(9), 200-206.
16. Vasiurenko, O., & Lyashenko, V. (2021). Wavelet Coherence as a Tool for Considering the Spatial Component of the Banking Activities Description. *International Journal of Academic Accounting, Finance & Management Research (IJAAFMR)*, 5(12), 8-15.
17. Vasiurenko, O., & Lyashenko, V. (2020). Wavelet coherence as a tool for retrospective analysis of bank activities. *Economy and forecasting*, 2, 32-44.
18. Okeke, C., & Nwude, E. C. (2018). A Statistical Simulation for the Profitability of Banks: A Study. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 8(2), 243-254.
19. Affes, Z., & Hentati-Kaffel, R. (2019). Predicting US banks bankruptcy: logit versus Canonical Discriminant analysis. *Computational Economics*, 54(1), 199-244.
20. Anwar, M. (2019). Cost efficiency performance of Indonesian banks over the recovery period: A stochastic frontier analysis. *The Social Science Journal*, 56(3), 377-389.
21. Lyashenko, V. V., Deineko, Z. V., & Ahmad, M. A. (2015). Properties of wavelet coefficients of self-similar time series. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 6(1), 1492-1499.
22. Heil, C. E., & Walnut, D. F. (1989). Continuous and discrete wavelet transforms. *SIAM review*, 31(4), 628-666.
23. Васюренко, О. В., & Христофорова, О. (2004). Збалансованість структури зобов'язань банку як фактор забезпечення ефективності кредитних операцій. *Банківська справа*, (3), 3-10.