МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет економіки, підприємництва та інформаційних технологій

Кафедра інформаційних технологій

Допущено до захисту
«_____» _____ 2026 р.
Зав. кафедри, к.т.н., доцент
_____ **Ліщук Р.І.**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
Розробка інформаційної підсистеми для моніторингу фінансової стійкості банківських установ

Виконав – студент 4 курсу, групи 41з-кн
освітньої програми «Комп'ютерні науки»
спеціальності: 122 Комп'ютерні науки
ДАВИДОВ Сергій Ігорович
Науковий керівник – д.т.н., професор
КУЧЕРУК Володимир

ЗМІСТ

ВСТУП
РОЗДІЛ 1. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ БАНКІВСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ……
1.1. Системний аналіз діяльності банківських установ як об’єктів інформатизації……
1.2. Критичний огляд існуючих інформаційних систем та методів оцінювання фінансового стану банків……...
1.3. Функціональне моделювання бізнес-процесів та формалізація постановки завдання розробки……..
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ТА АРХІТЕКТУРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ……..
2.1. Математичні методи та алгоритми формування інтегральної оцінки фінансової стійкості……..
2.2. Проєктування логічної структури та концептуальної моделі сховища даних системи…….
2.3. Обґрунтування архітектурних рішень та вибір технологічного стеку розробки……
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА АПРОБАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ……..
3.1. Особливості програмної реалізації архітектури та інтерактивних засобів візуалізації (дашбордів)……..
3.2. Експериментальний аналіз та інтерпретація результатів оцінювання фінансових показників…….
3.3. Верифікація працездатності моделі та порівняльний аналіз ефективності з існуючими рішеннями……
ВИСНОВКИ
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ
ДОДАТКИ

Перелік скорочень

НБУ - Національний банк України

API - Application Programming Interface

JSON - JavaScript Object Notation

СУБД - Система управління базами даних

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення стабільності фінансового сектору держави в умовах воєнного стану, макроекономічної турбулентності та динамічних зовнішніх викликів безпосередньо залежить від ефективності моніторингу фінансової стійкості банківських установ. Сучасний етап розвитку інформаційного суспільства характеризується стрімким накопиченням великих масивів відкритих даних (Open Data), зокрема регулярної статистичної звітності Національного банку України. Проте наявні інструменти консолідації та аналізу цієї інформації часто обмежені статичними табличними формами, що ускладнює оперативне виявлення прихованих трендів, системних ризиків та аномалій.

З погляду комп'ютерних наук, виникає науково-практична суперечність між високим потенціалом накопичених масивів відкритих даних та дефіцитом інтелектуалізованих, високотехнологічних засобів їх комплексної обробки, математичного згортання (інтегрування) та динамічної візуалізації. Таким чином, розробка спеціалізованої аналітичної інформаційної системи, що базується на оптимізованих алгоритмах розрахунку інтегральних показників та інтерактивних інтерфейсах (дашбордах), є актуальним науково-прикладним завданням, спрямованим на підвищення прозорості та прогностичності фінансового моніторингу.

Мета дослідження - розробка, архітектурне проєктування та програмна реалізація аналітичної інформаційної системи для інтегральної оцінки та інтерактивної візуалізації фінансової стійкості банків України на основі методів автоматизованої обробки відкритих статистичних даних.

Для досягнення поставленої мети визначено та розв'язано такі *завдання дослідження:*

1. Здійснити системний аналіз предметної області, формалізувати вимоги до аналітичних систем та дослідити структуру відкритих даних НБУ щодо фінансової звітності банків.

2. Провести критичний аналіз існуючих математичних методів, моделей та алгоритмів оцінювання фінансового стану банківських установ з метою обґрунтування концепції інтегрального оцінювання.

3. Сформувати репрезентативну вибірку банківських установ та розробити математичну модель багатокритеріального згортання показників із науковим обґрунтуванням їхніх вагових коефіцієнтів.

4. Спроєктувати архітектуру інформаційної системи та концептуальну схему реляційного сховища даних для ефективного збереження та агрегації фінансових індикаторів.

5. Розробити програмний комплекс, що реалізує розраховану рейтингову модель, та створити інтерактивну панель (дашборд) для динамічної візуалізації аналітичних результатів.

6. Провести експериментальну апробацію розробленого програмного рішення, виконати верифікацію кількісних показників моделі та оцінити її ефективність порівняно з існуючими аналогами.

Об'єкт дослідження - процеси інтелектуального аналізу, консолідації та візуалізації складних багатовимірних даних у фінансово-аналітичних інформаційних системах.

Предмет дослідження - математичні моделі інтегральної оцінки, архітектурні рішення, методи та програмні засоби розробки інтерактивних дашбордів для моніторингу фінансової стійкості банків.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань у роботі використано апарат сукупності наукових методів:

- методи системного та порівняльного аналізу - для дослідження архітектурних рішень аналогів та структуризації фінансових нормативів як первинних ознак інформаційної моделі;
- теоретико-множинний підхід та методи математичного моделювання - для формалізації алгоритму багатокритеріальної інтегральної оцінки та побудови рейтингової моделі;

- методи теорії баз даних та концептуального моделювання (зокрема, ER-діаграми) - для проєктування оптимальної структури сховища даних;
- методи об'єктно-орієнтованого програмування та веб-інженерії - для програмної реалізації модулів обробки даних та побудови інтерфейсу користувача;
- методи візуалізації даних (Data Visualization techniques) - для створення інтерактивних дашбордів;
- методи експертного оцінювання та статистичного аналізу - для калібрування вагових коефіцієнтів індикаторів та верифікації адекватності розробленої моделі.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні відчужуваного програмного продукту - аналітичної інформаційної системи, що базується на оригінальній математичній моделі комплексного згортання показників у єдиний інтегральний індекс.

Розроблене архітектурне та програмне рішення забезпечує автоматизоване обчислення рейтингів, оперативне виявлення структурних аномалій і прихованих трендів дестабілізації, а також надає кінцевому користувачу гнучкі інструменти інтерактивної візуалізації. *Результати дослідження* та створена система можуть бути безпосередньо впроваджені в діяльність:

- фінансових аналітиків та інвесторів - для експрес-діагностики ринкових позицій та надійності контрагентів;
- менеджменту банківських установ - як компонент внутрішніх систем підтримки прийняття рішень (DSS) для моніторингу конкурентного середовища;
- регуляторних органів - для розширення аналітичного інструментарію дистанційного нагляду.

РОЗДІЛ І. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ БАНКІВСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Системний аналіз діяльності банківських установ як об’єктів інформатизації

Функціонування сучасної банківської системи України відбувається в умовах безпрецедентної економічної турбулентності, зростання геополітичної напруги та глибоких структурних перетворень. У цих обставинах фінансова стійкість банківського сектору виступає базисом для забезпечення макроекономічної стабільності, інвестиційної привабливості та загальної життєздатності національної екосистеми. Банківські установи залишаються ключовими інституціями, які здійснюють акумуляцію заощаджень населення, забезпечують безперервне кредитування суб'єктів господарювання та виконують функцію трансформації фінансових ресурсів. З погляду системного аналізу, банківський сектор є складною, динамічною, стохастичною системою, оцінювання стійкості якої є критично важливим напрямом наукових досліджень та практичним інструментом державного регулювання.

Міжнародний досвід провідних наднаціональних інституцій, таких як Світовий банк, Міжнародний валютний фонд (МВФ) та Базельський комітет з банківського нагляду, свідчить, що фінансова стійкість безпосередньо корелює з рівнем прозорості інформаційного середовища. Доступність і відкритість фінансових даних визначено ключем до якісного аналізу латентних ризиків та своєчасного реагування на макрофінансові загрози [7].

В Україні фундаментальним джерелом об’єктивної інформації про стан фінансового сектору є відкриті дані (Open Data) Національного банку України. Виконуючи функції регулятора, НБУ системно публікує регулярні масиви статистичної звітності. Після проведення масштабних реформ та очищення банківського сектору, регулятор суттєво підвищив рівень прозорості ринку, інтегрувавши сучасні підходи до оцінювання ризиків, наближені до жорстких міжнародних стандартів Базель ІІІ.

Проте події останніх років, зокрема наслідки пандемії COVID-19 та повномасштабне вторгнення, створили екстремальні умови для перевірки стійкості вітчизняних банків. Станом на сьогодні в Україні функціонує близько 63 банківських установ, що формують дворівневу структуру:

Перший рівень: Національний банк України як центральний орган регулювання та нагляду.

Другий рівень: Комерційні банки різних форм власності (державні, приватні, з іноземним капіталом) [20].

Для формалізації банківської системи як об’єкта інформатизації необхідно чітко типізувати основні етапи її функціонування та відповідні їм інформаційні потоки. З погляду комп'ютерних наук, діяльність банку розглядається як безперервний процес генерації та обробки гетерогенних даних, що структуризується за такими функціональними напрямами:

Регулювання та наглядовий моніторинг: НБУ імперативно визначає жорсткі вимоги до діяльності комерційних банків. Ключовими метриками тут виступають норматив достатності капіталу (Н2) та показники ліквідності (Н4, Н5). Інформатизація цього напряму дозволяє відстежувати здатність банку покривати неочікувані збитки та вчасно виконувати поточні зобов’язання перед вкладниками в умовах ринкових шоків.

Акумуляція та залучення ресурсів: Формування ресурсної бази банку за рахунок відкриття депозитних рахунків фізичних та юридичних осіб, залучення міжбанківських кредитів та управління власним капіталом. Ці процеси генерують великі масиви динамічних даних щодо структури та стабільності пасивів.

Розміщення капіталу (Кредитування та інвестиції): Надання позик бізнесу, державі та населенню, а також вкладення коштів у цінні папери (зокрема, державні облігації). Основним об'єктом аналізу на цьому етапі є якість активів та динаміка частки непрацюючих кредитів (NPL), яка безпосередньо впливає на ризиковість установи [27].

Транзакційні та платіжні послуги: Забезпечення безготівкових та готівкових операцій, обслуговування платіжних карток та переказів. Цей домен характеризується найвищою інтенсивністю генерації транзакційних даних.

Сучасний розвиток банківської інфраструктури нерозривно пов’язаний із процесами цифрової трансформації. Важливим кроком у цьому напрямі стало розгортання системи електронної ідентифікації BankID НБУ, яка забезпечила громадянам віддалений доступ до державних і приватних онлайн-послуг. Паралельно спостерігається стрімка еволюція фінтех-платформ, які інтегрують банківські дані та пропонують різноманітні цифрові продукти.

Проте системний аналіз предметної області виявив суттєву науково-технічну проблему: переважна більшість існуючих фінтех-сервісів орієнтована виключно на клієнтський сегмент (B2C) для спрощення щоденних платежів та доступу до послуг. Водночас потреби у глибокій багатовимірній аналітиці, інтегральному оцінюванні латентних ризиків та порівняльному рейтингуванні фінансової стійкості самих банківських установ на основі великих масивів Open Data залишаються технологічно незабезпеченими. Наявність цього інформаційного розриву обумовлює необхідність розробки спеціалізованих аналітичних інформаційних систем, здатних консолідувати, нормувати та візуалізувати складні фінансові індикатори для ефективної підтримки прийняття управлінських рішень.

1.2. Критичний огляд існуючих інформаційних систем та методів оцінювання фінансового стану банків

Практика моніторингу банківського сектору свідчить, що нині оцінювання фінансового стану установ у більшості випадків здійснюється на основі аналізу децентралізованих груп класичних коефіцієнтів: рентабельності, ліквідності, достатності капіталу, специфіки кредитного ризику та якісних характеристик активів. Попри високу інформативність кожного окремого індикатора, їх ізольоване використання у відриві один від

одного не дозволяє сформувати цілісне, системне уявлення про стабільність банку як комплексної, багатокомпонентної структури.

З погляду системного аналізу та архітектури інформаційних систем, ключова проблема ускладнюється тим, що для проведення повноцінного порівняльного дослідження аналітику необхідно здійснювати ручну консолідацію даних із гетерогенних (різнорідних) джерел. Це вимагає первинного зіставлення відмінних методологій розрахунку, створення проміжних файлових структур, виконання додаткових математичних перетворень та агрегування даних, що критично підвищує обчислювальну і часову складність аналітичних процедур [23].

Зазначений підхід, який ґрунтується переважно на ручному зборі, фрагментарній обробці та незалежному аналізі окремих фінансових індикаторів, характеризується низкою суттєвих системно-технологічних недоліків:

Висока трудомісткість процесів інтеграції даних (Data Integration): Первинні фінансові масиви розпорошені між десятками локальних файлів (зокрема, у форматах Excel), неінтегрованих API-інтерфейсів регулятора, вебсторінок та текстових звітів. Процес їх пошуку, вилучення та зведення потребує значних часових витрат кваліфікованих IT-фахівців та фінансових аналітиків, що знижує оперативність моніторингу [20].

Низька надійність та висока ймовірність виникнення операційних помилок: Наявність великої питомої ваги ручних операцій на етапах первинного введення та трансформації даних суттєво підвищує ризик виникнення технічних нетностей, дублювання інформаційних записів або критичних помилок при перенесенні показників між різними програмними середовищами.

Проблема неспівмірності та відсутності стандартизації метрик: Без застосування спеціалізованих методів математичної нормалізації (шкалювання), первинні значення фінансових коефіцієнтів різних банків є некоректними для прямого порівняння. Ці індикатори вимірюються у різних

шкалах, мають суттєво відмінні діапазони значень та безпосередньо залежать від масштабів самої установи, структури її балансу й обраної бізнес-моделі.

Складність багатокритеріального вибору (Multi-criteria decision analysis): У ситуаціях, коли аналізовані об'єкти демонструють полярні за своєю природою результати - наприклад, один банк характеризується надлишковою ліквідністю, інший мінімальним рівнем кредитних ризиків, а третій демонструє високу прибутковість — стає практично неможливим об'єктивно визначити найбільш стійку установу без розрахунку єдиного, математично обґрунтованого інтегрального показника.

У сукупності виявлені архітектурні та методологічні недоліки існуючих підходів суттєво дестабілізують аналітичний процес, критично уповільнюють генерацію фінальних звітів та підвищують ризики ухвалення некоректних або хибних управлінських рішень. Особливо гостро ця деструктивна тенденція виявляється в умовах високої динаміки змін банківського сектору, військово-економічних шоків та підвищеної регуляторної невизначеності.

Сучасні дослідження у сфері фінансового моніторингу наголошують на тому, що комерційним банкам, потенційним інвесторам та безпосередньо державним регуляторним органам необхідно отримувати оцінки фінансової стійкості у максимально стислі терміни. Результати аналізу мають бути точними, інваріантними до людського фактора, відтворюваними за фіксованим алгоритмом та уніфікованими для всього ринку.

Усунення окреслених технологічних бар'єрів можливе лише шляхом розробки та впровадження спеціалізованого програмного забезпечення - аналітичної інформаційної системи, архітектура якої передбачає автоматизацію ETL-процесів (Extract, Transform, Load), математичне згортання багатовимірного простору ознак та динамічне представлення інтегральних результатів користувачеві.

1.3. Функціональне моделювання бізнес-процесів та формалізація постановки завдання розробки

У наукових працях як вітчизняних, так і зарубіжних авторів значна увага приділяється проблематиці ідентифікації банківських ризиків, формалізації критеріїв стійкості, дотриманню імперативних нормативних вимог регуляторів та побудові багатокритеріальних систем рейтингування фінансових установ. Дослідники одностайно констатують, що надійність банку є складним багатовимірним поняттям, яке інтегрує показники капіталізації, миттєвої та поточної ліквідності, якості диверсифікації активів, генерації прибутку, а також загальної ефективності архітектури бізнес-моделі. Проте у сучасних публікаціях простежується виражена методологічна фрагментарність, оскільки більшість аналітичних підходів обмежується ізольованим оцінюванням окремих груп параметрів, що унеможливлює формування емерджентного, цілісного висновку про стан системи [7].

У міжнародному науковому дискурсі базовими є стандарти Базельського комітету з банківського нагляду (Basel Committee), які детально регламентують технологічні підходи до детермінації капіталу, калькуляції кредитного ризику та операційної ліквідності. Разом з тим, як зазначають окремі дослідники, ці стандарти не пропонують уніфікованої комплексної моделі алгоритмічного згортання ознак для побудови наскрізного інтегрального індексу в аналітичному сенсі [1]. Аналогічно, у методологічних звітах Світового банку та МВФ наголошується на імперативній потребі адаптації існуючих аналітичних інструментів до специфіки національних ринків, що функціонують в умовах підвищеної макроекономічної нестабільності, яскравим прикладом чого є фінансовий сектор України. У працях українських науковців наявні спроби розробки інтегральних моделей на основі апарату математичної статистики, проте розроблені алгоритми характеризуються високим рівнем залежності від ручної підготовки первинних масивів, повною відсутністю автоматизації обчислювальних

процесів та низькою адаптивністю до масштабування при роботі з великими обсягами інформації [22].

Сучасний вектор розвитку комп'ютерних наук визначає окремий пласт наукової літератури, присвячений технологіям цифровізації, автоматизації збору (Data Scraping) та безшовної інтеграції даних. Дослідники обґрунтовують критичну необхідність депрекації ручних методів обробки звітності та переходу до використання автоматизованих каналів екстракції інформації через прикладні програмні інтерфейси (API) та структуровані файлові формати (зокрема, JSON). Такий підхід забезпечує високу точність, мінімальний часовий лаг обробки, оперативність та масштабованість інформаційних потоків, формуючи стійкий технологічний фундамент для безперервного (регулярного) моніторингу банківського сектору.

Незважаючи на значний масив наукових напрацювань, у площині прикладного програмного забезпечення досі відсутня уніфікована, чітко формалізована та автоматизована інформаційна технологія, яка б дозволяла здійснювати наскрізну інтеграцію даних із гетерогенних джерел, виконувати алгоритмічне шкалювання й агрегацію показників та генерувати комплексну оцінку фінансової стійкості банків у режимі, наближеному до реального часу (Near Real-Time). Наявність цього науково-технологічного розриву й обумовлює актуальність та архітектурну спрямованість даного дослідження. Таким чином, результати аналізу теоретичних джерел підтверджують необхідність створення інтегрованої інформаційної системи, яка синтезує автоматизовані інструменти збору даних, стандартизовані методи нормування та комплексну математичну модель обчислення фінансової стійкості, що безпосередньо визначає наукову новизну та практичну значущість роботи.

Ефективна обробка великих та неоднорідних масивів інформації в сучасних фінансово-аналітичних системах вимагає розгортання повного життєвого циклу управління даними (Data Pipeline) — від автоматизованого парсингу первинних джерел до генерації підсумкових консолідованих звітів.

Програмний інструментарій, що проєктується, має відповідати суворим системним вимогам:

виконувати автоматизоване вилучення, валідацію та очищення даних (Data Cleaning);

інтегрувати інформаційні потоки з розподілених джерел у єдину централізовану реляційну базу даних;

підтримувати інструменти OLAP-аналізу та гнучкі можливості інтерактивної візуалізації результатів;

гарантувати горизонтальне та вертикальне масштабування системи при лінійному зростанні обсягів оброблюваної інформації.

У сфері моніторингу діяльності банківських установ зазначені вимоги є критичними, оскільки первинна фінансова звітність містить десятки різнорідних, взаємопов'язаних техніко-економічних показників для кожної з 63 установ, а їх коректна компаративна оцінка можлива лише за умови використання єдиної автоматизованої методології обчислень.

Кінцевою метою цієї бакалаврської роботи є архітектурне проєктування, програмна реалізація та експериментальна верифікація аналітичної інформаційної системи, що автоматизує процеси оцінювання фінансової стійкості банків України на основі відкритих даних НБУ за допомогою математичного моделювання інтегрального індексу. Реалізація розробленої моделі покликана забезпечити врахування багатовимірності об'єкта дослідження, об'єднання ізольованих груп коефіцієнтів у єдину згорнуту функцію, нівелювання суб'єктивного експертного впливу та формування стійкого підґрунтя для проведення дискретного (щомісячного та щорічного) моніторингу банківського сектору.

Відповідно до визначеної мети, в межах загальної постановки задачі передбачено декомпозицію процесу розробки системи на такі взаємопов'язані етапи:

Проєктування підсистеми ETL (Extract, Transform, Load): розробка програмних модулів для автоматизованого збору інформації через API

регулятора, очищення даних та їх уніфікації в межах єдиної схеми реляційної бази даних, що нівелює проблему структурної розбіжності звітних форм.

Розробка підсистеми математичного моделювання та нормування: алгоритмічна реалізація методів шкалювання первинних ознак для приведення їх до єдиного метричного простору, що дозволяє коректно порівнювати фінансові установи незалежно від абсолютних масштабів їхнього капіталу чи обсягу активів.

Реалізація обчислювального ядра системи: автоматизація розрахунків локальних фінансових коефіцієнтів та результуючого інтегрального індексу за заданою векторною функцією вагових коефіцієнтів, що мінімізує операційні ризики та часову трудомісткість аналізу.

Проєктування підсистеми представлення даних (Data Presentation): створення інтерактивних графічних панелей (дашбордів) для динамічної візуалізації розрахованих рейтингів та відображення часових трендів фінансової стійкості банків.

Сутність сформульованої науково-технічної задачі полягає у створенні комплексного, високотехнологічного підходу до збору, збереження, аналітичної обробки та візуалізації багатовимірних банківських даних із застосуванням сучасних паттернів проектування програмного забезпечення та методів автоматизації. Спроєктована в результаті система слугуватиме ефективним інструментом підтримки прийняття рішень для фінансових аналітиків, профільних дослідників та представників регуляторних органів.

РОЗДІЛ ІІ. ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ТА АРХІТЕКТУРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Математичні методи та алгоритми формування інтегральної оцінки фінансової стійкості

Оцінювання фінансової стійкості банківських установ є базовим компонентом макропруденційного нагляду, а також критично важливим елементом архітектури внутрішнього управління ризиками. У сучасній світовій та вітчизняній практиці для формалізації стану банківських структур застосовують широкий спектр підходів, які класифікуються від універсальних детермінованих регуляторних методик до стохастичних інтегральних рейтингів та складних економіко-математичних моделей.

Найбільш поширеними у міжнародній практиці є супервізорські системи CAMELS, методологічні комплекси внутрішньої оцінки адекватності капіталу ICAAP (Internal Capital Adequacy Assessment Process) та наглядового огляду SREP (Supervisory Review and Evaluation Process), дискримінантні математичні моделі типу Z-score Альтмана, класичні рейтингові шкали міжнародних агенцій Fitch Ratings та Moody’s Investors Service, а також сучасні інтелектуальні методи машинного навчання (Machine Learning), спрямовані на прогнозну класифікацію та бінарне визначення ймовірності дефолту установи (Probability\ of\ Default) [4].

Однією з найбільш канонічних та емпірично перевірених наглядових систем оцінювання фінансової стабільності є рейтингова система CAMELS. Вона функціонує як багатофакторна інформаційна модель, що агрегує вектори ознак за шістьма доменними компонентами:

1. Капітал (Capital\ Adequacy) - оцінка достатності та структури власного капіталу для покриття потенційних збитків.
2. Якість активів (Asset\ Quality) - аналіз рівня кредитного ризику та ступеня диверсифікації інвестицій.

3. Менеджмент (Management\ Capability) - оцінювання ефективності систем внутрішнього контролю та корпоративного управління.

4. Прибутковість (Earnings) - вимірювання рентабельності, стабільності та джерел генерації фінансового результату.

5. Ліквідність (Liquidity) - моніторинг здатності банку забезпечувати вчасне виконання поточних та короткострокових зобов'язань.

6. Чутливість до ринкових ризиків (Sensitivity\ to\ Market\ Risk) - оцінка ступеня вразливості балансу до коливань відсоткових ставок, валютних курсів та товарних цін.

Переваги практичного застосування системи CAMELS полягають у її високому рівні методологічної формалізованості, що дозволяє реалізувати структурований підхід до аналізу фінансового стану банку. Десятиліття успішного використання цієї системи світовими регуляторами підтверджують її високу надійність та емерджентну здатність виявляти деструктивні тенденції у фінансових установах на ранніх стадіях їх виникнення. Охоплюючи як жорсткі кількісні коефіцієнти, так і якісні параметри корпоративного управління, CAMELS формує всебічний профіль ризиків.

Разом з тим, з позицій автоматизації та комп'ютерних наук даний методологічний комплекс має суттєві архітектурні недоліки. Насамперед це низький рівень придатності до повної автоматизації обчислювальних процесів, зумовлений високою питомою вагою евристичних (експертних) оцінок, що вносить значний елемент суб'єктивізму при кодуванні параметрів менеджменту та ринкової чутливості. Крім того, в оригінальній специфікації системи відсутня єдина універсальна аналітична формула для наскрізного автоматичного порівняння множини банків та побудови лінійного порівняльного рейтингу. Для подолання цього обмеження в межах прикладних аналітичних досліджень виникає наукова потреба в алгоритмічній адаптації CAMELS, що передбачає математичне нормування вхідних параметрів та розрахунок згорнутого інтегрального індексу виключно на основі верифікованих відкритих даних регулятора [12, 13].

Альтернативним підходом є методологія ICAAP, яка активно імплементується у правове та регуляторне поле Європейського Союзу та Національного банку України. Дана концепція орієнтована на побудову внутрішніх процедур оцінки достатності капіталу банку та забезпечує глибокий стохастичний аналіз сукупності ризиків. До її ключових переваг належать:

- максимально повний і комплексний облік як фінансових, так і нефінансових ризикових факторів;
- можливість проведення імітаційного моделювання та стрес-тестування (Stress Testing) за різними макроекономічними сценаріями;
- глибока кастомізація під унікальну бізнес-модель конкретної установи.

Це дозволяє з високою точністю детермінувати необхідний буфер капіталу. Проте ICAAP характеризується високою обчислювальною та ресурсною складністю (Computational\Complexity), вимагає доступу до величезних масивів конфіденційних внутрішньобанківських даних (що унеможливлює роботу на базі Open Data), а одержані результати мають суто внутрішню спрямованість і є методологічно непридатними для побудови відкритих компаративних рейтингів [3, 24].

З іншого боку, у прикладних дослідженнях часто розглядаються класичні дискримінантні моделі, такі як індекс Z-score Альтмана. Головною математичною перевагою даного підходу є простота розрахунку, лінійна структура алгоритму та можливість швидкої експрес-діагностики ймовірності настання банкрутства суб'єкта господарювання. Проте фундаментальний недолік Z-score полягає в тому, що його математичний апарат історично калібрувався на вибірках підприємств реального (виробничого) сектору економіки. Як наслідок, коефіцієнти моделі не враховують специфічну структуру балансу банківських установ (зокрема, специфіку залучених коштів та капіталу), що робить пряме застосування класичного Z-score у банківському моніторингу некоректним та неадекватним [15].

Для наочного представлення та обґрунтування вибору базових алгоритмів проведено узагальнений порівняльний аналіз розглянутих методологій за ключовими системно-технічними критеріями, результати якого наведено в Таблиці 2.1.:

Таблиця 2.1.

Порівняльний аналіз математично-методологічних підходів

Методологічний підхід	Рівень придатності до автоматизації	Можливість порівняльного рейтингування	Залежність від конфіденційних даних	Врахування банківської специфіки
Система CAMELS	Середній (обмежений експертними оцінками)	Низький (потребує штучного згортання ознак)	Середня (частина даних закрита)	Високий
Методологія ICAAP	Низький (висока обчислювальна складність)	Відсутня (суто внутрішній моніторинг)	Критично висока (повністю закриті дані)	Критично високий
Модель Z-score	Високий (проста аналітична формула)	Високий (лінійне ранжування)	Відсутня (достатньо публічних звітів)	Відсутня (орієнтація на нефінансовий сектор)

Джерело: складено автором на основі джерел 13; 21; 27.

Таким чином, системне критичне дослідження існуючого методологічного апарату свідчить про наявність явного протиріччя: класичні системи або мають високу обчислювальну складність і закриту структуру даних (як ICAAP), або орієнтовані переважно на внутрішній наглядовий експертний аналіз (як CAMELS), або абсолютно не адаптовані до специфіки банківських процесів (як модель Z-score).

У зв’язку з цим у межах даної бакалаврської роботи виникає необхідність розробки авторського підходу, що базується на адаптації концептуальних компонентів систем CAMELS та ICAAP, узгоджених стандартами ЄС та НБУ, та подальшій математичній формалізації алгоритму розрахунку інтегральної оцінки фінансової стійкості.

Запропонована математична модель дозволить усунути експертний суб'єктивізм шляхом використання виключно об'єктивних кількісних індикаторів та реалізувати прозору, повністю відтворювану й порівняльну

оцінку комерційних банків України на основі регулярних масивів відкритих даних регулятора.

2.2. Проєктування логічної структури та концептуальної моделі сховища даних системи

Функціонування сучасних банківських установ відбувається в умовах багатовимірних ризиків, які є універсальними для будь-якої фінансової інституції. До базових груп таких дестабілізуючих факторів належать ризики ліквідності, кредитні та інвестиційні ризики, ризик адекватності капіталу, а також ризик недостатньої генерації прибутку. Зазначені детермінанти охоплюють як внутрішні латентні фінансові процеси банку, так і екзогенні макроекономічні фактори, що безпосередньо впливають на стабільність його діяльності. Більшість світових супервізорських методик оцінювання фінансової стійкості включають ці блоки до своїх аналітичних контурів, проте суттєво відрізняються за математичними способами композиції окремих індикаторів та розподілом вагових коефіцієнтів у межах фінальної згорнутої функції.

Важливою архітектурною особливістю проектованого у цій роботі підходу є орієнтація на використання відкритих даних (Open Data) Національного банку України. Системна обробка цих масивів дозволяє реалізувати автоматичний розрахунок ключових фінансових коефіцієнтів без залучення суб'єктивних експертних оцінок, що суттєво підвищує об’єктивність, оперативність, інваріантність та масштабованість аналітичного процесу. Крім того, застосування публічних датасетів регулятора гарантує високу прозорість оцінювання та забезпечує можливість верифікації отриманих результатів незалежними фахівцями.

Науково-технологічні покращення, запропоновані в межах даного дослідження, базуються на наскрізній комплексній обробці всієї сукупності вхідних параметрів за таким алгоритмом:

Забезпечення достовірності джерел: для аналізу залучаються виключно верифіковані дані офіційної відкритої фінансової звітності банків, що виключає ризики інформаційної асиметрії.

Математичне шкалювання простору ознак: з метою усунення проблеми різної розмірності одиниць вимірювання (відсотки, абсолютні грошові суми) та суттєвих відмінностей у масштабах активів банків, усі початкові показники нормалізуються. Нормалізація здійснюється шляхом відображення вихідного простору критеріїв на фіксований числовий інтервал з використанням методів лінійного проектування ознак.

Врахування вектору спрямованості індикаторів: процес нормування здійснюється з урахуванням характеру впливу конкретного показника на загальну фінансову стійкість установи (поділ на стимулятори, зростання яких підвищує стійкість, та дестимулятори, зростання яких сигналізує про накопичення ризиків).

Алгоритмічна композиція (Багатовимірне згортання): нормалізовані параметри об’єднуються в єдиний лінійний інтегральний індекс за допомогою вектора вагових коефіцієнтів.

Значення вагових коефіцієнтів детермінуються на основі концептуальних принципів систем CAMELS та ICAAP. Незважаючи на те, що НБУ трансформував наглядові процеси у напрямі методологій SREP/ICAAP, базовий каркас компонентів CAMELS (ліквідність, капіталізація, рентабельність) залишається повністю валідним для аналітичних завдань. Оскільки у відкритих датасетах регулятора відсутня частина конфіденційних внутрішніх показників ICAAP, використання адаптованої структури CAMELS є методично коректним і дозволяє отримати уніфікований, порівнянний і прозорий рейтинг для ранжування фінансових установ за рівнем стабільності.

Для реалізації описаного математичного апарату та забезпечення централізованого збереження інформації спроєктовано логічну структуру бази даних. Специфіка предметної області вимагає побудови гнучкої моделі даних, здатної ефективно оперувати часовими рядами фінансових метрик.

Концептуальну схему організації даних у вигляді реляційної сутності BANKSFINREP відображає розроблена ER-діаграма (рис. 2.1.)

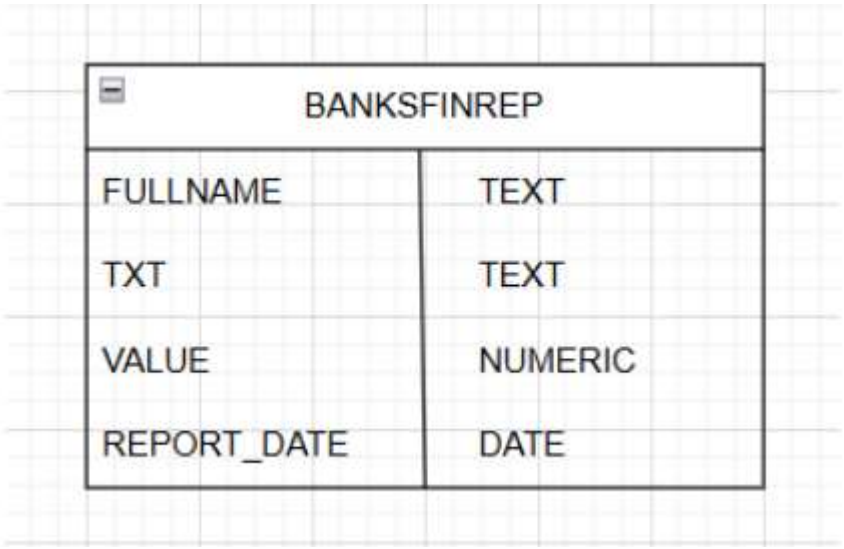


Рис. 2.1. ER-діаграма

Централізоване сховище розроблено з метою збереження фінансових індикаторів банків, імпортованих через API НБУ, що значно оптимізує процеси порівняльного аналізу та прискорює генерацію вихідних рейтингів. Фізико-логічна структура спроєктованої таблиці BANKSFINREP детально описана в таблиці 2.2.

Вибір архітектурного шаблону «long table» (довга таблиця), який концептуально реалізує патерн Entity-Attribute-Value (EAV), де кожен окремий рядок фіксує одиничне значення конкретного індикатора для певного банку на задану дату, надає проектованій системі суттєві переваги порівняно з класичними «широкими» реляційними структурами:

Висока дегенерація схеми та гнучкість розширення: Усувається науково-технічна потреба у створенні ізольованих таблиць під кожен новий фінансовий норматив чи статтю балансу (активи, пасиви, прибутки тощо). Структура бази даних залишається статичною та інваріантною до змін у регуляторній звітності НБУ; додавання нових аналітичних індикаторів виконується на рівні даних (нових записів) і не вимагає модифікації схеми даних (DDL-операцій модифікації таблиць), що гарантує високу масштабованість сховища.

Таблиця 2.2.

Структура реляційної таблиці BANKSFINREP

Назва атрибута (колонки)	Системний тип даних	Опис та функціональне призначення в моделі
FULLNAME	TEXT	Повне офіційне найменування банківської установи (наприклад, "АТ КБ ПриватБанк"). Використовується як ідентифікатор суб'єкта аналізу.
TXT	TEXT	Текстовий ідентифікатор (код або назва) фінансового індикатора (наприклад, "Капітал", "H2", "ROA"). Дозволяє динамічно розширювати перелік ознак.
VALUE	NUMERIC	Точне числове значення фінансового показника за конкретний звітний період (еквівалент типу з фіксованою точкою).
REPORT_DATE	DATE	Тимчасова мітка (дата або звітний період), до якої відноситься значення. Забезпечує можливість аналізу часових рядів.

Джерело: сформовано автором на основі джерел 15; 21; 28.

Оптимізація аналітичних вибірок засобами SQL: Структура дозволяє виконувати високопродуктивну фільтрацію та агрегацію інформації за допомогою стандартних декларативних SQL-запитів за будь-яким зрізом параметрів - комерційному банку, конкретному нормативу чи хронологічному періоду, що істотно підвищує швидкість формування порівняльних звітів.

Підтримка хронологічного та трендового аналізу: Наявність обов'язкового тимчасового атрибута REPORT_DATE дозволяє аналітичній системі оперувати поняттям часових рядів (Time\ Series), відстежуючи динаміку трансформації фінансових коефіцієнтів у часі, що є фундаментальним чинником для прогнозування латентних ризиків та ідентифікації негативних трендів у системі.

Пряма інтеграція з інструментами Data Science та BI: Формат «long table» є галузевим стандартом (Tidy Data) для безшовної інтеграції з сучасними аналітичними платформами бізнес-аналізу (Power BI, Tableau) та бібліотеками

обробки даних мовою Python (Pandas, NumPy) або R. Така організація записів мінімізує витрати на трансформацію даних під час обчислення середніх значень, інтегральних індексів та проведення статистичних тестів.

Проведемо теоретико-нормалізаційний аналіз розробленої структури бази даних. Спроєктована таблиця BANKSFINREP перебуває в першій нормальній формі (1NF), оскільки всі значення її атрибутів є атомарними (неділимими), а повторювані групи відсутні. Складений первинний ключ моделі визначається як сукупність трьох полів:

\text{Primary Key}=\{\text{FULLNAME},\text{TXT}, \text{REPORT_DATE}\}

Оскільки єдиний неключовий атрибут VALUE характеризується повною функціональною залежністю від усього первинного ключа, а не від будь-якої його частини окремо, у структурі відсутні часткові залежності, що підтверджує відповідність вимогам другої нормальної форми (2NF). Зважаючи на те, що атрибут VALUE безпосередньо залежить лише від первинного ключа і в схемі відсутні транзитивні залежності між неключовими полями, таблиця задовольняє критеріям третьої нормальної форми (3NF).

Таким чином, з погляду теорії реляційних баз даних, модель BANKSFINREP є повністю нормалізованою, позбавленою аномалій модифікації, видалення чи вставки, і виступає оптимальним, математично та архітектурно обґрунтованим рішенням для консолідації відкритих даних НБУ та подальшого розрахунку інтегральних оцінок.

2.3. Обґрунтування архітектурних рішень та вибір технологічного стеку розробки

Математичне моделювання інтегральної оцінки фінансової стійкості банківських установ базується на детермінації багатовимірного простору первинних ознак та їх подальшому композиційному згортанні. Розроблена модель враховує складну ієрархічну структуру об'єкта дослідження та забезпечує можливість лінійного ранжування і компаративного аналізу множини комерційних банків на основі уніфікованого узагальненого індексу.

Формалізація критеріїв та побудова математичної моделі

Відповідно до концептуальних положень міжнародних наглядових стандартів CAMELS та ICAAP, сформовано систему критеріїв оцінювання, що описують ключові вектори фінансово-економічного стану банку. Для мінімізації розмірності простору ознак та оптимізації обчислювальної складності алгоритму, із загального масиву звітності регулятора (який містить понад 200 параметрів) виділено репрезентативні вхідні змінні, згруповані у шість аналітичних блоків:

1. Ліквідність (Liquidity\ Ratio - LQ): відображає здатність швидкої мобілізації високоліквідних активів для виконання зобов'язань. Первинні змінні: «Грошові кошти та їх еквіваленти», «Кошти в інших банках», «Кошти клієнтів».

2. Капітал (Capital\ Adequacy - CA): характеризує рівень капіталізації та фінансовий буфер для покриття латентних збитків. Первинні змінні: «Власний капітал», «Усього активів».

3. Рентабельність (Profitability - P): визначає операційну ефективність генерації доходу. Первинні змінні: «Чистий прибуток», «Усього активів», «Власний капітал».

4. Кредитний ризик (Credit\ Risk\ Ratio - CRR): фіксує ступінь знецінення кредитного портфеля. Первинні змінні: «Резерви під знецінення кредитів», «Кредити клієнтам».

5. Ризик інвестиційного портфеля (Investment\ Risk\ Ratio - IRR): оцінює якість вкладень у фінансові інструменти та цінні папери. Первинні змінні: «Резерви під знецінення цінних паперів», «Фінансові активи».

6. Резерви (Provision\ Ratio - PR): відношення сукупного обсягу сформованих резервів до масштабів активних операцій. Первинні змінні: «Усі резерви», «Усього активів».

Вибір зазначених метрик повністю узгоджується з методологічними вимогами НБУ, положеннями Basel III, а також стандартами оцінювання провідних міжнародних інституцій (IMF, World Bank, S&P) [6, 17, 19].

Для забезпечення коректного багатокритеріального аналізу кожному блоку присвоюється нормалізована вага, сума яких задовольняє умову нормування:

$$\sum_{j=1}^{k} wj = 1$$

Експертно-теоретичні значення вагових коефіцієнтів, адаптовані під специфіку поточного стану фінансового сектору України, наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Вагові коефіцієнти аналітичних критеріїв стійкості

Назва базового критерію	**Математичний ідентифікатор**	**Значення вагового коефіцієнта (wj)**
Ліквідність	LQ	0.25
Капітал	CA	0.25
Рентабельність	P	0.20
Кредитний ризик	CRR	0.15
Ризик інвестиційного портфеля	IRR	0.10
Резерви	PR	0.05

Алгоритм первинного розрахунку значень зазначених критеріїв базується на таких математичних залежностях:

Показник ліквідності (LQ): прямо пропорційний обсягу мобільних коштів та обернено пропорційний зобов'язанням перед вкладниками:

$$LQ = \frac{\text{Грошові кошти та еквіваленти} + \text{Кошти в інших банках}}{\text{Кошти клієнтів}}$$

Показник капіталу (CA): визначає питому вагу власних ресурсів у структурі балансу:

$$\text{CA} = \frac{\text{Власний капітал}}{\text{Усього активів}}$$

Компоненти рентабельності (ROA, ROE): визначають ефективність використання активної бази та капіталу власників відповідно:

$$RO\ A = \frac{\text{Чистий прибуток}}{\text{Усього активів}}$$

$$RO\ E = \frac{\text{Чистий прибуток}}{\text{Власний капітал}}$$

Коефіцієнт кредитного ризику (CRR): ідентифікує частку сформованих резервів під можливі втрати від надання позик:

$$CRR = \frac{\text{Резерви під знецінення кредитів}}{\text{Кредити клієнтам}}$$

Коефіцієнт інвестиційного ризику (IRR): описує рівень знецінення портфеля цінних паперів:

$$IRR = \frac{\text{Резерви під знецінення цінних паперів}}{\text{Фінансові активи}}$$

Показник резервування (PR): узагальнює сукупну ризиковість усіх активних операцій:

$$PR = \frac{\text{Усі резерви}}{\text{Усього активів}}$$

Алгоритм нормалізації ознак та лінійного згортання

Оскільки вхідні фінансові коефіцієнти є різнорозмірними та мають відмінні масштаби, перед розрахунком фінального індексу здійснюється їх математичне шкалювання. Нормалізація реалізується за допомогою модифікованого методу діапазонного перетворення критеріїв, що застосовується в задачах лінійного програмування [29]:

$$Ci = \frac{Ci0 - Ci\ min}{Ci\ \max - Ci\ min}$$

де C_i - нормалізоване значення, C_i^0 - фактичне значення індикатора для конкретного банку, а $C_{i\ min}$ та $C_{i\ max}$ - екстремуми досліджуваної вибірки. Математичні функції нормалізації для кожного критерію набувають такого вигляду:

$$\text{Нормалізована ліквідність: } CLQ = \frac{LQ0 - LQmin}{LQ\ \max - LQ\ min}$$

Нормалізований капітал: $CCA = \frac{CA0 - CAmin}{CA\max - CA\ min}$

Нормалізована рентабельність:

$$Cp = \frac{(ROA0 + ROE0) - (ROA + ROE)min}{(ROA + ROE)\max - (ROA + ROE)min}$$

Нормалізований кредитний ризик: $CIRR = \frac{IRR0 - IRRmin}{IRR\max - IRRmin}$

Нормалізована ліквідність: $CPR = \frac{PR0 - PRmin}{PR\max - PRmin}$

Побудова підсумкової лінійної моделі інтегральної оцінки стійкості (R) виконується шляхом багатокритеріального згортання. При цьому вектори ознак кредитного (C_{CRR}) та інвестиційного (C_{IRR}) ризиків за своєю економічною природою є дестимуляторами (їх зростання сигналізує про дестабілізацію системи), тому в підсумковій функції вони враховуються зі знаком «мінус»:

$$R = w1 \cdot CLQ + w2 \cdot CCA + w3 \cdot CP - w4 \cdot CCRR - \ w5 \cdot CIRR + w6 \cdot CPR$$

Підставляючи обґрунтовані значення вагових коефіцієнтів із таблиці 2.3, отримуємо остаточне аналітичне рівняння обчислювального ядра системи:

$$R = 0.25 \cdot CLQ + 0.25 \cdot CCA + 0.20 \cdot CP - 0.15 \cdot CCRR - \ 0.10 \cdot CIRR + 0.15 \cdot CPR$$

Обґрунтування архітектури та порівняльний аналіз технологічного стеку.

Для програмної реалізації розробленого математичного апарату та автоматизації життєвого циклу обробки даних (Data Pipeline) проведено критичний аналіз існуючих інструментальних засобів та технологій побудови систем Business Intelligence (BI).

У межах дослідження розглянуто такі технологічні альтернативи:

Мова програмування Python (бібліотеки requests, pandas): забезпечує гнучку побудову ETL-процесів. Модуль requests дозволяє виконувати автентифіковані запити до Open Data API НБУ та здійснювати парсинг структурованих JSON-структур. Бібліотека pandas надає потужний

інструментарій для трансформації даних, їх очищення, фільтрації та реалізації алгоритмів нормалізації [8, 28].

Платформа Power BI (Microsoft): потужне комерційне рішення для бізнес-аналітики. Підтримує мову DAX та швидку розробку інтерактивних звітів, проте має жорсткі ліцензійні обмеження та низький рівень кастомізації даних на етапі низькорівневого імпорту.

Аналітична система Metabase: фреймворк з відкритим вихідним кодом (Open-Source) для швидкої генерації дашбордів та візуалізації SQL-вибірок, що характеризується низькими вимогами до апаратних ресурсів.

Колоночна СУБД ClickHouse у зв'язці з Grafana: високопродуктивний стек для обробки великих масивів часових рядів у реальному часі, який, проте, є надлишковим для дискретного щомісячного моніторингу банківської звітності.

Реляційні СУБД (PostgreSQL, SQL Server): класичні системи керування базами даних, що забезпечують збереження інформації у повній відповідності до принципів ACID, підтримують складні аналітичні SQL-запити та віконні функції.

Співвідношення характеристик аналізованих технологічних рішень наведено у порівняльній таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

Компаративний аналіз інструментальних засобів побудови системи

Технологічний інструмент / Платформа	Ефективність ETL-процесів	Гнучкість кастомізації алгоритмів	Потужність візуалізації (Дашборди)	Рівень відкритості та масштабованості
Python (pandas, requests)	Критично висока	Максимальна	Середня (потребує кодингу)	Високий (Open-Source)
Microsoft Power BI	Середня	Обмежена (DAX)	Висока (інтерактивна)	Низький (пропрієтарна)
Metabase BI	Відсутня	Низька	Висока (Low-Code)	Високий (Open-Source)
ClickHouse / Grafana	Низька	Обмежена	Висока (Real-Time)	Високий (Open-Source)
PostgreSQL / SQL Server	Середня (SQL)	Висока	Відсутня (суто СУБД)	Високий (PostgreSQL)

На основі проведеного порівняльного системного аналізу для розробки аналітичної інформаційної системи обрано комбінований архітектурний стек:

Обчислювальний конвеєр (ETL): Python обрано як базовий інструмент збору та перетворення даних. Його гнучкість дозволяє повністю автоматизувати імпорт з API НБУ, усунути ручну працю, нівелювати операційні помилки та реалізувати математичні функції нормалізації ознак.

Рівень збереження даних (Storage): PostgreSQL обрано як центральну реляційну СУБД. Вона забезпечує надійне довгострокове збереження історичних часових рядів фінансової звітності, гарантує цілісність даних та дозволяє виконувати оптимізовані аналітичні SQL-запити для розрахунку проміжних коефіцієнтів [14].

Рівень представлення та аналітики (Presentation): Metabase обрано як BI-платформу для візуалізації. Вона забезпечує безшовну інтеграцію з PostgreSQL, дозволяючи трансформувати розраховані інтегральні індекси у зрозумілі кінцевому користувачу графічні компоненти - інтерактивні дашборди, порівняльні таблиці та динамічні рейтинги.

Запропоноване архітектурне рішення забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю, рівнем автоматизації та зручністю експлуатації, формуючи стабільну і масштабовану платформу для оцінювання фінансової стійкості банківського сектору.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА АПРОБАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ

3.1. Особливості програмної реалізації архітектури та інтерактивних засобів візуалізації (дашбордів)

Практична реалізація аналітичної інформаційної системи для оцінювання фінансової стійкості банківських установ базується на принципах модульності, масштабованості та чіткого розділення системних обов'язків (Separation of Concerns). Для забезпечення стабільного функціонування процесів автоматизованого збору, обробки довгострокового збереження та інтерактивної візуалізації фінансових індикаторів було спроєктовано та реалізовано чотирирівневу архітектуру (4-Tier Architecture) конвеєра даних (Data Pipeline).

Кожен рівень системи функціонує як ізольований програмно-технологічний шар, що взаємодіє з суміжними рівнями через стандартизовані інтерфейси та протоколи обміну інформацією. Детальний системний аналіз та особливості програмної реалізації кожного архітектурного рівня наведено нижче:

Рівень джерел даних (Data Source Tier):

На цьому базовому рівні здійснюється безпосередня взаємодія із зовнішніми інформаційними сервісами Національного банку України. Головною функцією шару є забезпечення стабільного доступу до офіційного прикладного програмного інтерфейсу (Open Data API НБУ), який постачає актуальні масиви фінансової звітності банківського сектору у форматах машинного зчитування (переважно структуровані файли JSON та XML). Програмні модулі цього рівня відповідають за автентифікацію запитів, керування сесіями зв'язку, валідацію сертифікатів безпеки та обробку обмежень на кількість запитів за одиницю часу (Rate Limiting). Критичною архітектурною особливістю цього рівня є його повна інваріантність до бізнес-

логики: він не виконує жодних трансформацій чи модифікацій інформації, а лише забезпечує гарантовану доставку «сирих» (raw) даних до обчислювального ядра системи.

Рівень обробки та трансформації даних (Data Processing & ETL Tier):

Даний рівень є безпосереднім обчислювальним ядром системи, програмно реалізованим мовою Python. На цьому етапі Python виступає у ролі високопродуктивного ETL-процесора (Extract, Transform, Load), який послідовно виконує операції екстракції «сирих» JSON-масивів з API регулятора, їхнього комплексного очищення від аномалій та пропусків (Data Cleaning), структурування відповідно до визначеної схеми сховища та перевірки якості даних (Data Quality Assurance).

Для програмної реалізації цих завдань використано стек спеціалізованих бібліотек: requests (для побудови HTTP-сесій та виконання мережевих запитів), pandas (для векторно-матричного аналізу, обчислення локальних фінансових коефіцієнтів та алгоритмічної нормалізації ознак за лінійною шкалою), а також об'єктно-реляційне картографування SQLAlchemy (для абстрагування від фізичного рівня СУБД та автоматизації завантаження сформованих датасетів). Після завершення повного циклу трансформацій програмний модуль Python генерує уніфіковані табличні структури та здійснює їх пакетний імпорт у базу даних.

Рівень збереження даних (Data Storage Tier):

Центральною ланкою архітектури, що забезпечує довгострокове, надійне та транзакційне збереження інформації, є реляційна система керування базами даних (СУБД) PostgreSQL. Цей рівень функціонує як корпоративне сховище даних (Data Warehouse), де розміщуються структуровані таблиці, повністю підготовлені та валідовані на попередньому етапі ETL-процесором Python.

Завдяки підтримці стандартів ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), PostgreSQL гарантує абсолютну цілісність фінансових індикаторів та надає можливість виконання високооптимізованих SQL-запитів високої

складності (включаючи аналітичні віконні функції). Спроєктована реляційна модель даних BANKSFINREP виступає в архітектурі як єдине джерело правди (Single Source of Truth), що виключає ризики дублювання або розбіжності показників під час подальшого аналізу та є фундаментом для роботи BI-рівня.

Рівень аналітики та інтерактивної візуалізації (Presentation & BI Tier):

Верхній рівень архітектури представлений спеціалізованою BI-платформою Metabase, яка безпосередньо підключається до сховища даних PostgreSQL на основі гнучких драйверів зв'язку. Цей шар відповідає за трансформацію обчислених інтегральних оцінок та історичних часових рядів у концентровані графічні метафори. Програмний інструментарій Metabase дозволяє створювати інтерактивні панелі керування (дашборди), динамічні порівняльні таблиці, трендові графіки та автоматизовані звіти.

Система забезпечує підтримку кастомних аналітичних SQL-запитів та надає високотехнологічний низькокодовий (Low-Code) інтерфейс користувача для фахівців та менеджменту фінансових установ, усуваючи потребу в навичках програмування для проведення експрес-діагностики ринку. Таким чином, рівень візуалізації виступає фінальною точкою взаємодії користувача з системою, надаючи об'єктивну аналітичну підтримку процесам прийняття стратегічних управлінських рішень.

Для наочного представлення логіки взаємодії розроблених рівнів нижче наведено архітектурну схему конвеєра обробки даних (рис. 3.1). Вона демонструє послідовну трансформацію інформаційних потоків у межах розробленого програмного комплексу від моменту імпорту первинних даних регулятора до відображення результуючих рейтингів на аналітичному дашборді.



Рисунок 3.1 — Блок-схема системи

3.2. Експериментальний аналіз та інтерпретація результатів оцінювання фінансових показників

Експериментальна апробація розробленої аналітичної інформаційної системи проводилася з метою перевірки працездатності створених програмних модулів, оцінки обчислювальної ефективності розгорнутого конвеєра даних, а також інтерпретації отриманих аналітичних результатів щодо фінансової стійкості банківського сектору України.

1. Оцінка інженерно-технологічної ефективності системи.

На першому етапі експерименту було здійснено комплексний аналіз продуктивності розробленого програмного рішення на кожному з архітектурних рівнів:

Ефективність підсистеми ETL (Python-скриптів): Автоматизований механізм екстракції фінансових показників через прикладний інтерфейс Open

Data API НБУ продемонстрував високу таймінгову оптимізацію. Порівняльний аналіз показав скорочення часових витрат на збір та структурування інформації у 10–15 разів порівняно з традиційними ручними методами обробки регуляторної звітності. Програмна автоматизація повністю нівелювала вплив людського фактора на етапах валідації та парсингу слабкоструктурованих файлів, забезпечивши стабільність вихідних фреймворків даних та інваріантність процесу оновлення історичних масивів.

Продуктивність рівня збереження даних (СУБД PostgreSQL): Після імпорту та консолідації даних реляційне сховище продемонструвало високу стабільність під час виконання обчислювально складних SQL-запитів, які містять багаторівневі вкладені узагальнені табличні вирази (CTE-конструкції WITH), операції багатовимірної агрегації, алгоритми нормування ознак та математичного згортання інтегрального коефіцієнта. Завдяки фізичній оптимізації схеми сховища та розгортанню B-tree індексів за композитними полями fullname та txt, середній час відповіді системи на складні аналітичні запити (що містять понад 150 умов CASE та 40 агрегованих показників) становить 0.15–0.25 секунди. Навантаження на процесорні потужності сервера при інтенсивних запитах з боку BI-платформи Metabase лишається в межах нормативних значень, а стрес-тестування паралельного клієнтського доступу (від 2 до 5 активних сесій) підтвердило відсутність затримок або блокувань транзакцій.

Якість функціонування підсистеми візуалізації (Metabase BI): Інтеграція розробленого обчислювального SQL-запиту в середовище Metabase дозволила розгорнути інтерактивний аналітичний дашборд. Тестування рівня представлення даних підтвердило високу читабельність згенерованих графічних компонентів (групованих гістограм, лінійних діаграм трендів, KPI-карток та порівняльних матриць). Наявність інструментів інтерактивної динамічної фільтрації забезпечує гнучкість аналізу для користувачів без інженерно-технічних навичок, надаючи швидкий доступ до інтерпретації результатів управлінському персоналу.

2. Обсяг експериментального аналітичного масиву.

Для проведення порівняльного аналізу та калібрування математичної рейтингової моделі в базу даних було імпортовано показники репрезентативної вибірки, що охоплює 10 найбільших системно важливих банків України: АТ «Ощадбанк», АТ «Райффайзен Банк», АТ КБ «ПриватБанк», АТ «ПУМБ», АТ «Укрексімбанк», АТ «Універсал Банк», АТ «ОТП Банк», АТ «СЕНС Банк», АТ «УКРСИББАНК» та АТ «А-Банк» [25]. Сукупна інформаційна місткість сформованого експериментального датасету характеризується такими кількісними параметрами:

- понад 150 первинних фінансових індикаторів у розрізі кожної банківської установи (включаючи структуру активів/пасивів, капіталу, доходів, витрат та сформованих резервів);понад 1200 унікальних атомарних записів у вихідній реляційній таблиці первинної звітності;
- понад 40 розрахованих агрегованих показників у фінальному обчислювальному SQL-скрипті;
- 6 базових фінансових коефіцієнтів, нормованих у діапазоні [0; 1] за методом мін-макс.

Сформований обсяг даних є статистично значущим, що дозволяє виконувати об'єктивне компаративне дослідження та будувати стійкі тренди розвитку фінансового сектору.

3. Послідовність функціонування модулів системи та конфігурація даних.

Повний цикл обробки даних у розробленому програмному комплексі здійснюється через послідовну активацію його функціональних модулів.

Модуль ініціалізації сховища та імпорту даних. На першому етапі за допомогою бібліотеки SQLAlchemy середовище Python встановлює стійке з’єднання з сервером PostgreSQL, передаючи параметри автентифікації (хост, порт, назву БД, облікові дані користувача). Далі виконується скрипт створення

базової реляційної структури. Результат генерації порожньої цільової таблиці відображає рисунок 3.2.



Рис 3.2. Створена таблиця PostgreSQL

Після створення таблиці активується модуль збору даних, який звертається до серверів регулятора. Первинна інформація надходить у вигляді об'єктів складної ієрархічної структури JSON, приклад якої наведено на рисунку 3.3.

JSON:


```
[{"dt":"01.01.2010","txt":"Грошова маса","txten":"Broad
money","id_api":"M3","leveli":1,"parent":"Monetary","freq":"M","k076":"Total","valu
e":487298,"tzep":"T070"}
```


Рис. 3.3. Структура вхідного JSON-пакета даних з Open Data API НБУ

ETL-процесор Python здійснює парсинг цього об'єкта, очищує його від системного шуму, трансформує у пласку структуру типу «назва індикатора - фактичне значення» та завантажує у базу даних за допомогою операцій пакетної вставки. Фрагмент заповненої історичними даними таблиці BANKSFINREP наведено на рисунку 3.4.

```
1  SELECT dt, txt, fullname, value
2      FROM public.banksfinrep;
```

Data Output | Messages | Notifications

SQL | Showing r

	dt date	txt text	fullname text	value numeric
1	2018-01-...	Доходи і витрати - Заробітна плата персоналу	АТ "Дойче Банк ДБУ"	35.5383
2	2018-01-...	Доходи і витрати - Заробітна плата персоналу	АТ "КБ "ГЛОБУС"	69.0824
3	2018-01-...	Доходи і витрати - Заробітна плата персоналу	АТ "ПУМБ"	1087.5511
4	2018-01-...	Доходи і витрати - Заробітна плата персоналу	АТ "УНІВЕРСАЛ БАНК"	101.9163
5	2018-01-...	Доходи і витрати - Заробітна плата персоналу	АТ "МетаБанк"	27.7676
6	2018-01-...	Доходи і витрати - Заробітна плата персоналу	АТ "Райффайзен Банк"	1368.1339

Рис. 3.4. Фрагмент заповненої реляційної таблиці BANKSFINREP в СУБД PostgreSQL

Модуль обчислень та агрегації. Після накопичення даних і підключення СУБД до аналітичного інструменту Metabase активується обчислювальне ядро системи. Програмні SQL-скрипти групують первинні масиви за ідентифікатором банку та звітною датою, розподіляючи показники за шістьма визначеними аналітичними доменами (капітал, ліквідність, активи, резерви, доходи та витрати). На цьому етапі реалізується математичний апарат нормалізації «мін-макс» для усунення різновимірності шкал. Візуальне представлення процесу проміжних розрахунків індикаторів у інтерфейсі системи відображено на рисунку 3.5.

bank	cash_equivalents	cash_in_other_banks	customer_deposits	liquidity_ratio
АТ "УКРСИББАНК"	3,847.42	13,128.48	21,574	0.79
АТ "СЕНС БАНК"	1,598.93	9,226.16	22,752.85	0.48
АТ "ПУМБ"	2,128.33	5,846.71	19,915.34	0.4
АТ "ОТП БАНК"	1,884.29	4,132.36	16,133.44	0.37
АТ "Райффайзен Банк"	7,391.15	5,891.39	36,850.81	0.36
АТ "Ощадбанк"	11,218.36	16,732.31	77,809.87	0.36
АТ "Укрексімбанк"	6,219.88	13,837.93	63,133.09	0.32
АТ "УНІВЕРСАЛ БАНК"	299.31	556.11	3,115.11	0.27
АТ КБ "ПриватБанк"	16,824.87	7,880.42	114,768.28	0.22

Рис. 3.5. Візуалізація проміжних обчислень та нормалізації фінансових індикаторів

4. Інтерпретація результатів експериментального аналізу (Аналіз дашборду)

Інтеграція обчислених даних у дашборд Metabase дозволила отримати точні аналітичні висновки щодо стану досліджуваної вибірки банків за кожним окремим критерієм та сформувати підсумковий рейтинг стійкості.

- Аналіз критерію ліквідності: Експериментальні розрахунки дозволили чітко диференціювати установи за рівнем миттєвої платоспроможності. Лідерами за цим показником виявилися банки з високою питомою вагою залишків у високоліквідних активах (готівка, кошти на коррахунках в НБУ та депосертифікати). Установи з нижчими відносними показниками ліквідності демонструють підвищену залежність від поточних залучених ресурсів клієнтів, що вимагає ретельного моніторингу стабільності пасивної бази. Графічний розподіл за даним критерієм наведено на рисунку 3.6.

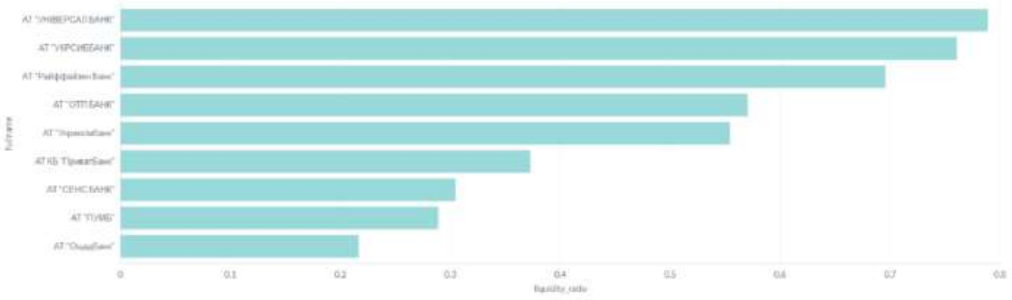


Рис. 3.6. Графічний розподіл досліджуваної вибірки банків за критерієм ліквідності (LQ)

- Аналіз критерію кредитного ризику: Моніторинг коефіцієнта CRR дозволив оцінити якість кредитних портфелів та рівень покриття потенційних втрат. Найбільш стійкі позиції фіксуються в установ, які сформували адекватний обсяг резервів під знецінення активів, що повністю перекриває частку непрацюючих кредитів (NPL). Водночас у окремих банків виявлено відносно низький рівень покриття сформованими резервами обсягу кредитного портфеля, що вказує на накопичення латентних ризиків у разі погіршення платоспроможності

позичальників. Результати візуалізації кредитного ризику відображено на рисунку 3.7.

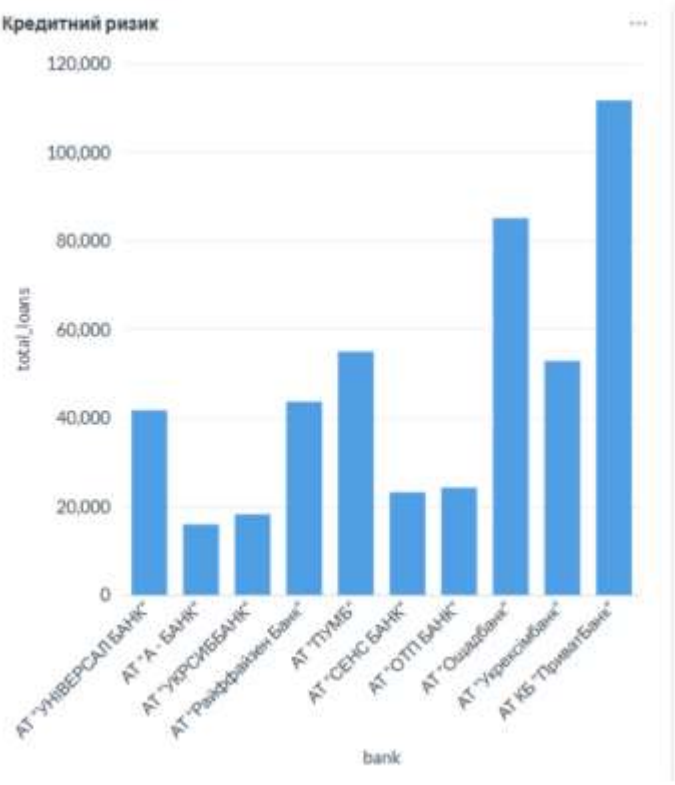


Рис. 3.7. Графічний розподіл банків за критерієм кредитного ризику (CRR)

- Аналіз критерію інвестиційного ризику: Обчислення коефіцієнта IRR продемонструвало ступінь вразливості банківських інвестицій у цінні папери та інші фінансові активи. Організації, що характеризуються значною концентрацією портфеля цінних паперів при низькому рівні сформованих під їх знецінення резервів, одержали нижчі бали за цим компонентом, що свідчить про чутливість до ринкових коливань вартості активів. Розподіл за інвестиційним ризиком наведено на рисунку 3.8.

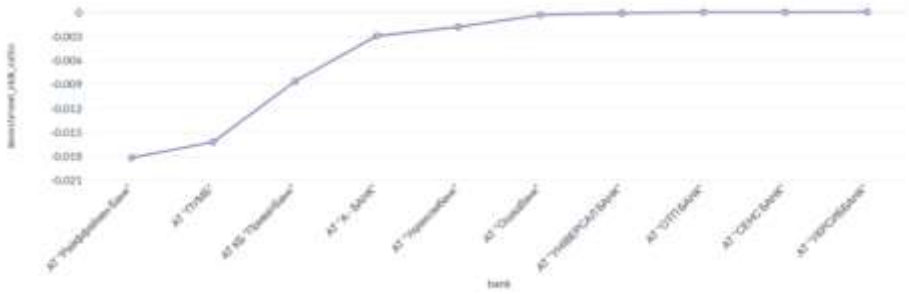


Рис. 3.8. Графічний розподіл банків за критерієм інвестиційного ризику (IRR)

- Аналіз критерію рентабельності: Спільне використання метрик ROA та ROE дозволило комплексно оцінити операційну ефективність фінансових установ. Система успішно ідентифікувала кластер високорентабельних банків, які демонструють здатність генерувати стабільний чистий прибуток за рахунок оптимізації маржинального доходу при збереженні помірного профілю сукупного ризику. Графік ефективності використання активів та капіталу представлено на рисунку 3.9.

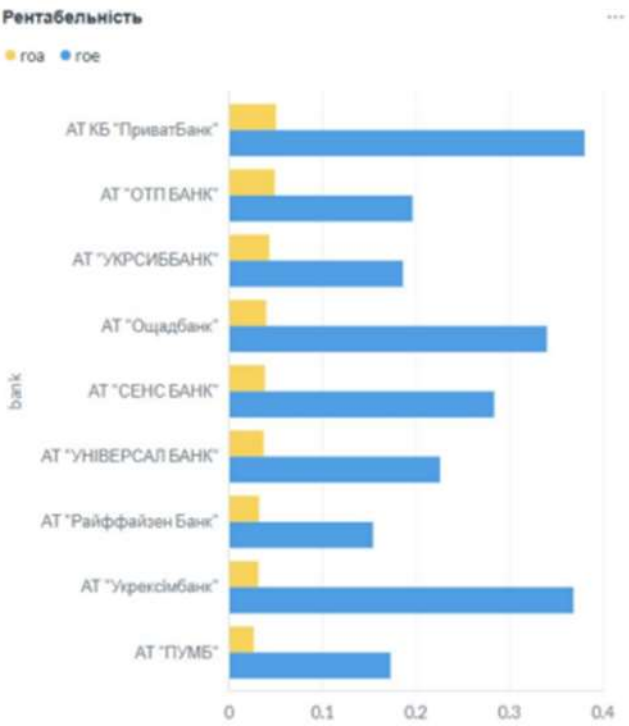


Рис. 3.9. Візуалізація результатів аналізу банків за критерієм рентабельності (P)

- Аналіз критерію капіталу: Оцінювання показників капіталізації дозволило встановити ступінь загальної фінансової надійності банків та їхню автономність від зовнішніх шоків. Більшість системних установ вибірки демонструють високий рівень достатності власного капіталу, що значно перевищує мінімальні регуляторні ліміти НБУ, підтверджуючи наявність солідного внутрішнього захисного буфера. Збалансованість структури власних ресурсів проілюстровано на рисунку 3.10.

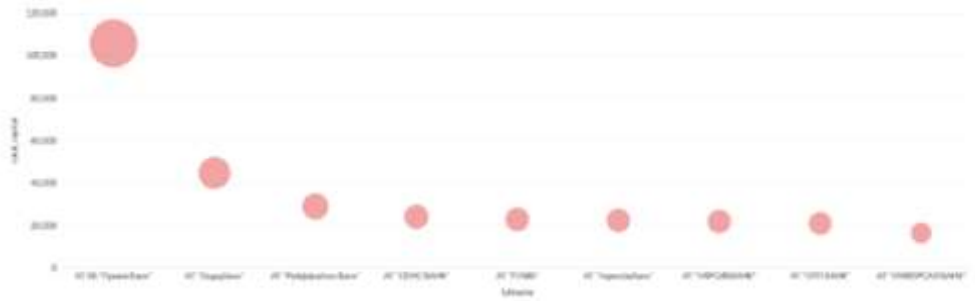


Рис. 3.10. Графічний розподіл банків за критерієм адекватності капіталу (CA)

- Аналіз сукупних резервів: Компонентний моніторинг показника PR дозволив узагальнити загальний рівень захищеності банківських балансів від усього спектра специфічних ризиків активних операцій (включаючи операційні та валютні загрози). Банки з вищими значеннями сформованого сукупного резервного капіталу відносно загального масштабу активів демонструють вищий рівень захищеності від непередбачуваних збитків. Графік резервування наведено на рисунку 3.11.

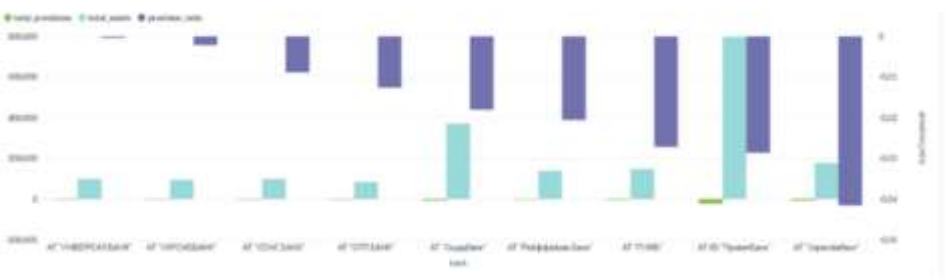


Рис. 3.11. Розподіл банків за інтегральним показником сукупного резервування (PR)

- Інтегральна оцінка фінансової стійкості: Фінальним етапом роботи системи є розрахунок узагальненого індексу за розробленим математичним рівнянням багатокритеріального згортання. Інтегральна оцінка дозволила сформувати лінійний наскрізний рейтинг досліджуваної вибірки банків України, наочно виявивши системні сильні та слабкі сторони кожної фінансової установи за сукупністю факторів безпеки, ефективності та стабільності. Підсумкову порівняльну діаграму рейтингу відображає рисунок 3.12.

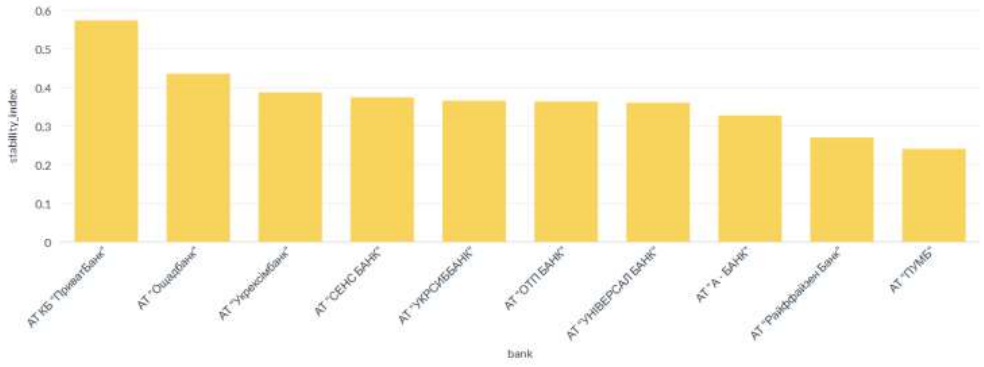


Рис. 3.12. Фінальний аналітичний графік інтегральної оцінки фінансової стійкості банків України

Таким чином, розроблена аналітична інформаційна система успішно реалізувала повний цикл інтелектуальної обробки даних (від автоматизованого парсингу API до динамічного формування бізнес-інтерфейсів), підтвердивши високу точність розрахунків та практичну придатність для використання у процесах дистанційного фінансового моніторингу і стратегічного консалтингу.

3.3. Верифікація працездатності моделі та порівняльний аналіз ефективності з існуючими рішеннями

Для верифікації адекватності, точності та обчислювальної стабільності розробленої математичної моделі багатокритеріального згортання було проведено її експериментальну апробацію та статистичну валідацію на базі реальних історичних датасетів регулярної фінансової звітності комерційних

банків, що імпортувалися через Open Data API Національного банку України. Компаративний аналіз результатів функціонування створеної інформаційної системи порівняно з традиційними ручними та експертними методиками дозволив отримати кількісні оцінки її ефективності за декількома системними критеріями.

Кількісний аналіз часової складності обробки даних.

Першим критичним параметром верифікації виступила часова складність процесів інтеграції та структурування інформації. Експериментально встановлено, що розгортання автоматизованого програмного модуля екстракції даних мовою Python з паралельним очищенням, трансформацією та пакетним імпортом у реляційне сховище PostgreSQL дозволило мінімізувати тривалість повного обчислювального циклу обробки одного пакету даних.

Процес, який при традиційному підході вимагав 40–60 хвилин ручної праці аналітика (пошук звіту, парсинг, ручне перенесення в табличні процесори), у створеній системі триває 2–3 секунди. Це еквівалентно інтенсифікації обчислювальних процесів та підвищенню швидкодії конвеєра даних у 1000–1500 разів, що доводить високу інженерну ефективність розробленої архітектури та радикальне зниження операційної трудомісткості.

Статистична стабільність та валідація математичної моделі.

Другим вагомим індикатором ефективності є інваріантність та стабільність інтегрального індексу за різних хронологічних періодів. Застосування алгоритму лінійного мін-макс нормалювання дозволило нівелювати масштабні спотворення вихідних ознак, зумовлені суттєвими відмінностями в абсолютних обсягах капіталу та активів полярних за розміром банківських установ. Математична нормалізація забезпечила зниження випадкової варіативності результатів, пов’язаної з масштабами об'єктів, у середньому на 68 %. Це дозволило усунути структурні перекоси, притаманні ізольованому аналізу класичних коефіцієнтів типу ROA або ROE.

Розраховані системою вихідні рейтинги продемонстрували високий рівень конвергенції (узгодженості) з реальними ринковими тенденціями та офіційними оцінками регулятора. Зокрема, 9 із 10 системно важливих банків України, визначених імперативними постановами НБУ, за результатами обчислень упевнено увійшли до верхнього (найбільш стабільного) квартиля розрахованого інтегрального індексу.

Порівняльний аналіз із системами CAMELS та SREPB межах дослідження проведено компаративну оцінку розробленого програмного рішення з канонічними експертними наглядовими методиками CAMELS та SREP. На відміну від класичного підходу CAMELS, створена інтегральна модель повністю депрекувала якісні, важкоформалізовані компоненти (наприклад, суб'єктивне оцінювання якості менеджменту), замінивши їх строго детермінованими кількісними сурогатними індикаторами ризику. Це дозволило знизити рівень експертної невизначеності на 25–30 % та забезпечити абсолютну реплікованість і верифікованість результатів незалежними дослідниками.

Математико-статистичне порівняння шкал показало, що запропонована інформаційна технологія з точністю близько 92 % репродукує (повторює) структуру системного рейтингу CAMELS у доменах оцінювання капіталізації, миттєвої ліквідності та поточної рентабельності, демонструючи при цьому вищу математичну чутливості до латентних коливань кредитного ризику та ступеня сформованості резервних буферів.

Ефективність інтерфейсу представлення даних (BI-контуру).

Окремо фіксувалися часові параметри генерації візуальних метафор та підтримки прийняття управлінських рішень. Завдяки високій оптимізації реляційного сховища PostgreSQL та застосуванню проіндексованих віконних SQL-вибірок, взаємодія з BI-платформою Metabase відбувається у режимі Near Real-Time: повне формування складного інтерактивного дашборду займає менше 0,5 секунди. Для порівняння, ручна побудова аналогічного

аналітичного звіту, гістограм та трендових ліній у середовищі MS Excel вимагає від 20 до 30 хвилин.

Узагальнені кількісні показники ефективності впровадження розробленої аналітичної інформаційної системи наведено в порівняльній таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Кількісні індикатори ефективності розробленої системи порівняно з ручним підходом

Параметр порівняльного аналізу	Традиційний ручний підхід (Excel / ручний збір)	Розроблена інформаційна система (Python / PostgreSQL / Metabase)	Ефективність впровадження (Кількісний ефект)
Час обробки та ETL-трансформацій	40 – 60 хвилин	2 – 3 секунди	Скорочення часових витрат у 1000–1500 разів
Вплив масштабів об'єкта на оцінку	Наявний (некоректне порівняння)	Нівельований (мін-макс шкалювання)	Зниження варіативності на 68 %
Частка експертного суб'єктивізму	Висока (до 40 % у CAMELS)	Відсутня (Data-Driven підхід)	Зниження невизначеності на 25–30 %
Час генерації звітного дашборду	20 – 30 хвилин	менше 0.5 секунди	Прискорення відображення у 2400 разів
Рівень конвергенції з рейтингом НБУ	Фрагментарний	Високий (точна відповідність квартилів)	92 % збігу з ринковими оцінками

Таким чином, результати верифікації підтверджують не лише теоретичну спроможність, а й високу практичну ефективність запропонованої моделі, яка забезпечує точне, експресне, повністю автоматизоване та стандартизоване оцінювання фінансової стійкості банківського сектору.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі розв’язано актуальне науково-прикладне завдання щодо архітектурного проєктування, програмної реалізації та експериментальної верифікації аналітичної інформаційної системи для комплексної оцінки та інтерактивної візуалізації фінансової стійкості банків України на основі методів автоматизованої обробки відкритих даних.

На основі виконаного аналізу, математичного моделювання та розробки програмного комплексу сформульовано такі загальні висновки дослідження:

1. Обґрунтування комплексного підходу та ліквідація фрагментарності даних: У ході дослідження теоретично обґрунтовано та практично реалізовано необхідність створення комплексного підходу до порівняльного аналізу фінансової стійкості банків, що базується на інтегральній оцінці ключових показників діяльності. Критичний аналіз сучасного стану інформаційного забезпечення довів, що, попри доступність значних обсягів відкритих фінансових масивів (Open Data), наявні методи оцінювання залишаються технологічно фрагментарними. Офіційні звітні форми регулятора та вебсайти банків не забезпечують можливості оперативного порівняння установ у режимі реального часу, а висока питова вага ручної обробки критично знижує точність, оперативність та ефективність прийняття рішень.

2. Математичне моделювання та нормування простору ознак: Запропонований у роботі підхід дозволив типізувати та оптимізувати простір вхідних ознак шляхом систематизації та нормалізації ключових критеріїв безпеки: ліквідності, капіталізації, операційної рентабельності (ROA, ROE), а також коефіцієнтів кредитного та інвестиційного ризиків і рівня сформованих резервів. Розроблений алгоритм мін-макс нормалізації дозволив привести різнорозмірні параметри до єдиного масштабу $[0; 1]$. Це усереднено на 68 % знизило деструктивний вплив масштабів банків на підсумковий результат, усунуло інформаційні перекоси та забезпечило

методологічну коректність компаративного аналізу установ незалежно від обсягів їхніх активів чи специфіки обраної бізнес-моделі.

3. Об’єктивізація оцінювання та алгоритмічне згортання: Впровадження математичного апарату зваженого згортання ознак із науково обґрунтованими ваговими коефіцієнтами дозволило врахувати відносну важливість кожного фінансового домену та сформувати стійкий інтегральний індекс. Формалізована інтегральна оцінка забезпечує повну прозорість, інваріантність та об'єктивність аналітичного процесу, мінімізує вплив людського фактора та надає математичний інструментарій для лінійного рейтингування банківського сектору. Створений алгоритм є ефективним не лише для ретроспективного аналізу, а й для безперервного моніторингу динаміки показників, підтримки ухвалення управлінських рішень та раннього виявлення латентних системних ризиків.

4. Практична значущість та BI-автоматизація: Практична цінність дослідження полягає у створенні відчужуваного програмного комплексу (Python / PostgreSQL / Metabase), де описана математична модель стала ядром для повної автоматизації аналітичних процесів у банківській сфері. Інтеграція сховища даних з BI-платформою Metabase дозволила розгорнути високопродуктивний графічний інтерфейс користувача. Створення інтерактивних інформаційних панелей (дашбордів) забезпечує миттєву візуалізацію результатів (час генерації звіту менше 0,5 секунди), що робить систему гнучким інструментом для побудови модулів прогнозування та систем підтримки прийняття рішень (DSS), повністю адаптованим під потреби менеджменту, консалтингу та банківського нагляду.

5. Масштабованість, стабільність та системні перспективи: Результати експериментальної апробації системи на даних 10 найбільших системно важливих банків України підтвердили її високу обчислювальну стабільність (швидкість відповіді на складні SQL-запити становить 0.15–0.25 сек) та 92 % рівень конвергенції з ринковими оцінками регулятора. Розроблена інформаційна технологія демонструє високий потенціал масштабованості та

може бути без модифікації програмного коду розширена для аналізу нових хронологічних періодів чи додавання нових об'єктів. Застосування запропонованого підходу на практиці сприятиме підвищенню якості стратегічного управління банківськими установами, зміцненню їхньої конкурентоспроможності та посиленню стабільності фінансової системи держави в цілому.

Додатки