

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Візуально-аналітична методика оцінки та порівняння
банківських кредитних продуктів на основі кількісних
фінансових моделей»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
освітньо-професійної програми «Інженерія програмного забезпечення»

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело*

_____ Юрій ДАЦЮК
(підпис)

Виконав: здобувач вищої освіти групи ПДМ-63
Юрій ДАЦЮК

Керівник: _____ Вячеслав ТРЕЙТЯК
канд. техн. наук

Рецензент: _____
науковий ступінь, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
вчене звання

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення

Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Інженерії програмного забезпечення

_____ Ірина ЗАМРІЙ

« _____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Дацюку Юрію Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Візуально-аналітична методика оцінки та порівняння банківських кредитних продуктів на основі кількісних фінансових моделей»

керівник кваліфікаційної роботи Вячеслав ТРЕЙТЯК, канд. техн. наук, завідувач кафедри Інтернет-технологій,

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «30» жовтня 2025 р. № 467.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «19» грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Науково-технічна література з питань банківського кредитування та управління кредитними ризиками, методичні матеріали щодо оцінювання ризикових показників, рекомендації міжнародних стандартів (Basel, IFRS 9), структури баз даних кредитних портфелів і експериментальні набори кредитних даних для проведення аналітичних досліджень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз сучасних банківських кредитних продуктів та підходів до оцінювання кредитного ризику.
2. Аналіз математичних моделей та показників оцінки кредитного ризику, що використовуються у банківській практиці.
3. Розробка візуально-аналітичної методики комплексної оцінки та порівняння кредитних продуктів на основі кількісних фінансових моделей.

4. Програмна реалізація системи візуалізації кредитних ризиків та проведення експериментальних досліджень її ефективності.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

1. Переваги та недоліки сучасних інструментів візуалізації
2. Актуальні проблеми кількісного аналізу кредитних продуктів
3. Математичні моделі аналітичного оцінювання кредитних продуктів
4. Математичні моделі аналітичного оцінювання кредитних продуктів(продовження)
5. Практичний результат
6. Порівняння процесів аналізу кредитних даних

6. Дата видачі завдання «31» жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз наявної науково-технічної літератури | 31.10-05.11.25 | |
| 2 | Дослідження проблем і факторів що впливають на ефективність систем аналітики | 06.11-08.11.25 | |
| 3 | Вивчення підходів до моделювання ризикових показників та сучасних методів аналітики | 07.11-11.11.25 | |
| 4 | Формування вимог до системи та постановка задачі | 12.11-15.11.25 | |
| 5 | Розробка структури та підготовка тестових кредитних наборів | 16.11-25.11.25 | |
| 6 | Проведення експериментальних досліджень та порівняльний аналіз | 26.11-05.12.25 | |
| 7 | Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат | 06.12-11.12.25 | |
| 8 | Розробка демонстраційних матеріалів | 12.12-15.12.25 | |
| 9 | Попередній захист роботи | 16.12-19.12.25 | |

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Юрій ДАЦЮК

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Вячеслав ТРЕЙТЯК

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 80 стор., 10 табл., 28 рис., 25 джерел.

Мета роботи - підвищення якості оцінки та порівняння банківських кредитних продуктів шляхом використання візуально-аналітичної методики на основі кількісних фінансових моделей.

Об'єкт дослідження - процес оцінювання та порівняння банківських кредитних продуктів.

Предмет дослідження - візуально-аналітичні засоби та кількісні математичні моделі для оцінки кредитних ризиків і характеристик банківських продуктів.

У роботі проведено аналіз наявної науково-технічної літератури з питань банківського кредитування, управління кредитним ризиком та сучасних аналітичних підходів. Досліджено основні проблеми та фактори, що впливають на ефективність систем кредитної аналітики, зокрема фрагментарність даних, складність інтерпретації результатів та значні часові витрати на ручну обробку інформації.

Проаналізовано підходи до моделювання ключових ризикових показників кредитування та сучасні методи аналітики, що застосовуються у банківській практиці. На основі цього розроблено методику підвищення ефективності управління кредитними продуктами шляхом поєднання математичних моделей ризику та візуальної аналітики. Сформовано вимоги до аналітичної системи та виконано постановку задачі комплексної оцінки кредитного ризику.

У межах роботи розроблено структуру системи та підготовлено тестові кредитні набори даних, що дозволило реалізувати розрахунок ризикових показників та їх наочне представлення. Проведено експериментальні дослідження та порівняльний аналіз запропонованої методики з традиційними підходами до

аналізу кредитних даних, що підтвердило скорочення часових витрат та підвищення аналітичної ефективності процесу прийняття рішень.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення існуючих систем кредитної аналітики, підвищення якості управління кредитним портфелем та автоматизації процесів оцінювання ризиків у банківській сфері.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КРЕДИТНИЙ ПРОДУКТ, БАНКІВСЬКЕ КРЕДИТУВАННЯ, КРЕДИТНИЙ РИЗИК, ВІЗУАЛЬНА АНАЛІТИКА, РИЗИКОВІ ПОКАЗНИКИ, PD, LGD, EAD, EXPECTED LOSS, ІНТЕГРАЛЬНІ ІНДЕКСИ, ДАШБОРД, АВТОМАТИЗАЦІЯ АНАЛІЗУ.

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work: 80 pages, 10 table, 28 pictures, 25 sources.

The purpose of the work is to improve the quality of assessment and comparison of banking credit products through the use of a visual-analytical methodology based on quantitative financial models.

Object of research - the process of evaluating and comparing banking credit products.

Subject of research - visual-analytical tools and quantitative mathematical models for assessing credit risks and characteristics of banking products.

The study includes an analysis of existing scientific and technical literature on banking lending, credit risk management, and modern analytical approaches. The main problems and factors affecting the effectiveness of credit analytics systems are investigated, in particular data fragmentation, complexity of result interpretation, and significant time costs associated with manual data processing.

Approaches to modeling key credit risk indicators and modern analytical methods used in banking practice are analyzed. Based on this analysis, a methodology for improving the efficiency of credit product management through the integration of mathematical risk models and visual analytics is developed. Requirements for the analytical system are defined, and the problem of comprehensive credit risk assessment is formulated.

Within the framework of the study, the system structure is developed and test credit datasets are prepared, enabling the calculation of risk indicators and their visual representation. Experimental studies and a comparative analysis of the proposed methodology with traditional approaches to credit data analysis are conducted, confirming a reduction in time costs and an improvement in the analytical efficiency of the decision-making process.

The obtained results can be used to improve existing credit analytics systems, enhance the quality of credit portfolio management, and automate risk assessment processes in the banking sector.

KEYWORDS: CREDIT PRODUCT, BANK LENDING, CREDIT RISK, VISUAL ANALYTICS, RISK INDICATORS, PD, LGD, EAD, EXPECTED LOSS, INTEGRATED INDICES, DASHBOARD, ANALYSIS AUTOMATION.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 12 |
| 1 СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РИЗИКІВ КРЕДИТУВАННЯ..... | 14 |
| 1.1 Характеристика та класифікація банківських кредитних продуктів..... | 14 |
| 1.2 Поняття кредитного скорингу та види кредитних ризиків..... | 16 |
| 1.3 Сучасні підходи до візуалізації кредитних ризиків та фінансових даних | 26 |
| 1.3.1 Сучасні інструменти фінансової візуалізації та їхні обмеження у сфері кредитного ризику..... | 27 |
| 1.3.2 Тенденції розвитку методів моделювання кредитних ризиків у банківській сфері..... | 29 |
| 1.3.3 Проблематика механізму оцінки та візуалізації кредитного ризику..... | 33 |
| 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ВІЗУАЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ..... | 35 |
| 2.1. Теоретико-математичні основи кількісного аналізу кредитування..... | 35 |
| 2.1.1. Фінансовий фундамент кількісного аналізу: моделювання грошових потоків..... | 36 |
| 2.1.2 Математичний фундамент ризикового аналізу..... | 39 |
| 2.2 Логістична регресія як базова модель PD..... | 43 |
| 2.3 Моделі втрат та розрахунку у разі дефолту | 46 |
| 2.3.1 Марковські моделі переходів між станами заборгованості..... | 49 |
| 2.3.2 Модель ICRI (Individual Credit Risk Index)..... | 54 |
| 2.4 Інтегральні моделі оцінювання ризику: Y-Index та Risk Rating..... | 55 |
| 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ВІЗУАЛЬНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ..... | 58 |
| 3.1. Постановка задачі та вимоги до системи..... | 58 |
| 3.2. Архітектура системи та структура даних..... | 60 |
| 3.2.1 Загальна структура застосунку..... | 60 |
| 3.2.2 Опис основних модулів системи..... | 63 |
| 3.2.3 Структура бази даних системи..... | 64 |
| 3.3. Практична реалізація системи аналізу кредитних продуктів..... | 68 |
| 3.3.1 Загальна структура проєкту..... | 69 |
| 3.3.2 Структура та організація даних..... | 70 |
| 3.4. Реалізація архітектури та системи візуалізації даних..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| 3.5 Порівняльний аналіз ефективності..... | 87 |
| ВИСНОВКИ..... | 90 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 92 |
| ДОДАТОК А. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ..... | 95 |
| ДОДАТОК Б. ЛІСТИНГ ОСНОВНИХ МОДУЛІВ..... | 100 |

ВСТУП

Сучасний банківський сектор характеризується високим рівнем конкуренції, цифровізацією процесів та зростанням обсягів даних, що підлягають аналізу під час оцінювання кредитних ризиків. Фінансові установи активно впроваджують автоматизовані інструменти, аналітичні платформи та математичні моделі, однак традиційні методи обробки даних залишаються трудомісткими та потребують значного людського втручання. Це ускладнює процес прийняття рішень, підвищує ймовірність помилок та знижує ефективність управління кредитним портфелем.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення сучасних інструментів, які поєднують математичні моделі кількісної оцінки ризику з інтерактивною візуалізацією та автоматизованою обробкою даних. У роботах провідних дослідників зазначається, що системи аналізу кредитного ризику мають еволюціонувати у напрямку прозорості, швидкодії та повної автоматизації, а також повинні забезпечувати можливість роботи з неоднорідними джерелами даних. Тому розробка системи для оцінювання кредитних продуктів із використанням математичних моделей, є актуальною науковою та практичною задачею.

Об'єкт дослідження є процес оцінювання та порівняння банківських кредитних продуктів.

Предмет дослідження є візуально-аналітичні засоби та кількісні математичні моделі для оцінки кредитних ризиків і характеристик банківських продуктів.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення якості оцінки та порівняння банківських кредитних продуктів шляхом використання візуально-аналітичної методики на основі кількісних фінансових моделей.

Для досягнення мети визначено такі завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні підходи до моделювання кредитних ризиків і засоби їх візуалізації.
2. Дослідити математичні моделі та визначити можливості їх використання у практичній аналітиці.

3. Спроекувати алгоритм побудови моделі прогнозування кредитних ризиків.
4. Розробити модулі завантаження та нормалізації даних, а також алгоритми автоматичного обчислення фінансових моделей.
5. Створити інтерактивні дашборди для відображення ризикових показників та порівняння кредитних продуктів.
6. Провести тестування працездатності системи та оцінити її ефективність у контексті автоматизованого кредитного аналізу.

Методи дослідження включають аналіз наукових джерел і сучасних підходів до оцінювання кредитних ризиків, математичне моделювання фінансових та ризикових показників, побудову архітектурних схем інформаційних систем, застосування методів візуальної аналітики для інтерпретації результатів, а також експериментальне моделювання і тестування розроблених аналітичних алгоритмів.

Практична значущість роботи полягає у створенні інтегрованого рішення, яке дозволяє автоматизувати процеси обробки кредитних даних, швидко отримувати кількісні показники ризику, порівнювати кредитні продукти та формувати аналітичні висновки. Система може бути впроваджена у внутрішні процеси банківських установ, використана у навчальних цілях або адаптована для розробки більш складних аналітичних платформ.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РИЗИКІВ КРЕДИТУВАННЯ

1.1 Характеристика та класифікація банківських кредитних продуктів.

Сучасний банківський сектор характеризується широкою та постійно зростаючою лінійкою кредитних продуктів, що зумовлено різноманітністю фінансових потреб клієнтів. Населення та бізнес користуються як довгостроковими інструментами для реалізації значних життєвих або інвестиційних проєктів, так і короткостроковими рішеннями, покликаними забезпечити гнучкість управління ліквідністю. У цьому контексті кредитний продукт виступає не просто механізмом тимчасового надання коштів, а повноцінним фінансовим інструментом із комплексною структурою та багат шаровою природою.

Кредитний продукт - це не просто “гроші у борг”, а цілісна фінансова конструкція, що поєднує економічні, правові, операційні та поведінкові складові.

Економічні параметри охоплюють суму кредиту, строк користування, відсоткову ставку, комісійну політику та графік погашення - саме вони визначають базову вартість ресурсу та характер грошових потоків між банком і клієнтом. Правові характеристики формуються кредитним договором, умовами забезпечення, страховими механізмами та регуляторними вимогами, що визначають юридичну природу взаємовідносин сторін. Важливою складовою є ризикові властивості продукту: можливість виникнення прострочки, потенційний рівень неповернення, схильність клієнта до порушення графіка та індивідуальні особливості його фінансової поведінки. Операційний аспект охоплює простоту доступу до кредиту, швидкість оформлення, канали обслуговування, цифрові рішення та гнучкість взаємодії з банком. Нарешті, поведінкові аспекти позичальника - дисципліна погашення, реакція на фінансові труднощі, частота операцій і модель

використання кредитного ресурсу - формують унікальний портрет користувача в межах кожного продукту.

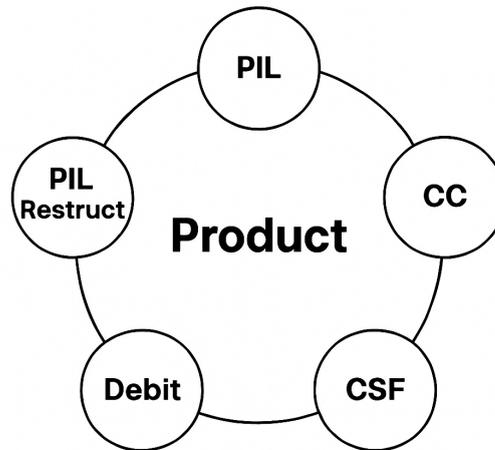


Рис. 1.1 - Модель компонентів продукту

Сукупність цих характеристик визначає відмінності між продуктами та формує їхні індивідуальні профілі, що впливають як на динаміку кредитного портфеля, так і на підхід до його подальшої аналітичної оцінки. Саме тому розуміння сутності кредитного продукту є ключовим елементом будь-якого дослідження, пов'язаного з порівнянням та оцінюванням кредитних інструментів, особливо коли подальший аналіз ґрунтується на візуально-аналітичних підходах.

У межах роздрібного кредитування виділяють кілька базових категорій продуктів, кожна з яких має власні структурні властивості, поведінкові особливості та логіку використання. Одним із найпоширеніших інструментів є РІЛ (Personal Instalment Loan) - класичний споживчий кредит із фіксованим графіком погашення. Його стандартність забезпечує передбачуваність фінансових потоків: клієнт погашає кредит рівними частинами, а банк отримує стабільний грошовий обіг, що мінімізує невизначеність у плануванні.

На противагу цьому продукт СС (Credit Card) має револьверну природу, дозволяє багаторазове використання кредитного ліміту та поєднує функції кредитного інструменту з платіжною карткою. Поведінка клієнтів у цьому сегменті значно динамічніша: обсяг і частота операцій змінюються залежно від

фінансової активності, календарних факторів, сезонності та індивідуальних звичок користувача.

Продукт CSF (Cash/Short-term Financing) представлений короткостроковими позиками з прискореною процедурою ухвалення рішення. Завдяки простоті оформлення CSF широко використовується для задоволення нагальних споживчих потреб, але саме доступність робить його більш чутливим до найменших коливань у платоспроможності клієнта. Рух коштів за такими кредитами часто має стрімкий характер, що вимагає від банку постійного моніторингу платіжної дисципліни.

Особливе місце займає Debit (овердрафт), який інтегрується з поточним рахунком клієнта. На відміну від класичних кредитів, овердрафт працює у форматі автоматичного покриття тимчасового дефіциту коштів. Його використання безпосередньо залежить від регулярності надходжень на рахунок, що робить цей продукт максимально пов'язаним із реальними фінансовими потоками клієнта, а не лише з його кредитною історією.

Завершує групу базових продуктів PIL_Restruct - реструктуризовані кредити. Це категорія, що формується у випадках зміни початкових умов договору через фінансові труднощі позичальника. Реструктуризація передбачає адаптацію графіка платежів, строку або вартості кредиту для підтримки можливості обслуговування. Такі продукти мають унікальну динаміку та потребують окремого аналізу, оскільки їхня поведінка суттєво відрізняється від стандартних кредитних інструментів.

1.2 Поняття кредитного скорингу та види кредитних ризиків

Кредитний скоринг – це аналітичний інструмент, що дозволяє оцінити ймовірність невиконання позичальником своїх зобов'язань або ризик його неплатоспроможності. Цей метод активно використовується для прийняття рішень про надання кредитів, визначення кредитних лімітів або умов іпотечного кредитування [1]. Сьогодні кредитний скоринг використовується не лише

банками, але й фінтех-компаніями, мікро фінансовими організаціями та навіть платформами для онлайн-торгівлі

Кредитний скоринг виник у середині ХХ століття як спосіб автоматизації процесу оцінки кредитоспроможності клієнтів. Спочатку він базувався на простих статистичних методах, таких як лінійна регресія, але з розвитком технологій перетворився на складну систему, яка інтегрує методи штучного інтелекту та машинного навчання. Суть скорингу полягає в тому, що спеціальні математичні моделі аналізують різні показники: вік, дохід, кредитну історію, соціальний статус та інші важливі фактори. Сучасні методи дозволяють обробляти величезні обсяги даних і знаходити закономірності, які важко помітити звичайними розрахунками. Це робить скоринг більш точним і дає змогу швидше адаптуватися до змін у поведінці позичальників. Одним із ключових елементів кредитного скорингу є використання кредитних рейтингів, які присвоюються кожному позичальнику. Ці рейтинги базуються на балах, які нараховуються за різними критеріями, такими як стабільність доходу, наявність забезпечення по кредиту та економічні фактори. Наприклад, у США широко використовується система FICO (Fair Isaac Corporation), яка оцінює кредитоспроможність клієнтів за шкалою від 300 до 850 балів [2].

Основою кредитного скорингу є робота з даними. Для прогнозування використовується історія попередніх кредитів, а також інформація про нового заявника. Дані клієнта співвідносяться з наявними зразками, що дозволяє зробити обґрунтований висновок щодо його платоспроможності. Кредитний скоринг є важливою складовою управління ризиками для фінансових установ і допомагає знизити ймовірність втрат.

Кредитний скоринг важливий тим, що має бути прозорим і відповідати законодавству. У багатьох країнах існують правила щодо збору та використання кредитних даних. Наприклад, у Європейському Союзі діє GDPR – закон, який захищає персональні дані клієнтів і забороняє їх використання без згоди.

Перед тим як видати кредит, банк уважно аналізує фінансову та соціальну інформацію клієнта. Ці дані збираються у кредитному звіті, який містить:

- Особисту інформацію – включає ваше ім'я, адресу проживання та паспортні дані;
- Кредитну історію - це запис ваших кредитних рахунків, включаючи дату відкриття кожного рахунку, ваш кредитний ліміт або суму кредиту, а також історію ваших платежів;
- Публічні записи - Сюди входять банкрутства, звернення стягнення та податкова застава.

Люди з гарною кредитною історією мають більше шансів отримати позику. Однак сучасні системи скорингу використовують і додаткові дані – активність у соцмережах, історію онлайн-покупок, навіть інформацію з мобільних додатків. Це допомагає оцінити платоспроможність тих, хто ще не має офіційної кредитної історії, наприклад, молодь або фрілансерів.

Сучасні технології також дозволяють використовувати поведінкові дані для оцінки кредитоспроможності. Результатом скорингового аналізу є оцінка позичальника, яка дозволяє віднести його до категорії «надійний» або «ризиковий». На основі отриманого скорингу визначаються ключові параметри кредитування – ставка відсотка, сума кредиту та термін його погашення [3].

Кредитний скоринг має і свої мінуси. Він може бути схильний до помилок, якщо дані, на яких навчається модель, містять некоректні елементи. Це може призвести до неправильної оцінки певних груп населення, таких як молоді люди або представники меншин.

Кредитний ризик – це ймовірність, що банк може зазнати часткових або повних втрат через неповернення кредитів, несплату відсотків або втрату доходу на вкладений капітал. Дані ризики виникають під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів. Однією з найважливіших проблем, пов'язаних із реалізацією кредитних послуг комерційних банків та контролю за їх якістю, залишається проблема побудови системи ефективного керування кредитними ризиками [3-4].

В основному банки, напряму пов'язані з виникаючими різного роду ризиками, як внутрішніми так і зовнішніми. Основними проблемами та цілями роботи менеджменту банку є ефективне керування системними ризиками. Під час

проведення активних операцій, які передбачають переведення коштів з банку до отримувача є основними причинами появи цих ризиків. Тому для зведення таких ризиків до мінімуму банківські установи створюють механізми прогнозування, виявлення та відповідного реагування на виклики що призводять до їх появи. Вони оцінюють передумови за масштабом появи негативних наслідків для роботи банків, в наслідок чого мають створюватися нові методики для їх оцінки та мінімізації збитків для банків [5-6].

Важливим інструментом для управління кредитними ризиками є використання математичних і статистичних моделей, що дозволяють прогнозувати ймовірність дефолту клієнта. До найбільш розповсюджених методів відносяться скорингові моделі, кредитні рейтинги, а також логістична регресія та машинне навчання, які дозволяють враховувати широкий спектр змінних, що впливають на фінансовий стан позичальників.

Поняття самих кредитних ризиків є важливим питанням, яке потребує чіткого аналізу та дослідження, адже одним з елементів такого ризику є поява стрімко зростаючої частки протермінованих кредитних зобов'язань перед банком, що посилює ризик ліквідності банку та рівень його платоспроможності, при цьому погіршується його структура з появою фінансових небезпек.

Фінансова безпека стала однією з ключових складових загальноекономічної безпеки держави та окремих суб'єктів. Пріоритетом та основним завданням забезпечення фінансової безпеки є формування дієвого механізму захисту державних фінансів та приватних фінансових активів на фінансовому ринку і в особистому користуванні з боку владних структур. Безпека національних фінансів виражається у здатності державних органів влади забезпечувати раціональну фінансово-економічну політику для виконання завдання реалізації національних та приватних фінансових інтересів. Вона забезпечує стійкість економічної системи до внутрішніх та зовнішніх загроз, що дозволяє досягати стабільного розвитку та ефективно протидіяти кризовим явищам [7].

На рівні державного регулювання фінансова безпека включає заходи щодо моніторингу банківської ліквідності, впровадження антикризових програм для

фінансових установ, а також розробку механізмів підтримки платоспроможності системно важливих банків. Одним з інструментів зниження ризиків є розширення регуляторних вимог, наприклад, відповідність банків нормам Базельського комітету, які встановлюють мінімальні вимоги до капіталу та ліквідності фінансових установ. Сучасні інструменти аналізу фінансової безпеки включають також економетричні моделі, які дозволяють оцінювати вплив різних факторів на стабільність банківської системи. Одним з важливих показників є співвідношення рівня кредитних ризиків до власного капіталу банку, що дозволяє прогнозувати фінансову стійкість установи у довгостроковій перспективі [8].

Таблиця 1.1

Напрями фінансової безпеки та їх характеристика

| Напрямок фінансової безпеки | Поняття |
|--|--|
| Банківська безпека | Забезпечення стійкості банківської системи та її здатності витримувати економічні кризи. |
| Валютна безпека | Контроль за стабільністю національної валюти та запобігання різким валютним коливанням. |
| Грошово-кредитна безпека | Підтримка стабільної монетарної політики та збереження низького рівня інфляції. |
| Боргова безпека | Управління державним боргом для запобігання дефолту та зниження боргового навантаження. |
| Бюджетна безпека | Забезпечення збалансованості державного бюджету та ефективного розподілу ресурсів. |
| Безпека небанківського фінансового ринку | Регулювання діяльності страхових компаній, кредитних спілок та інших фінансових установ. |

Кредитний ризик має кілька визначень, які відображають його багатогранність. За визначенням Т. І. Єфименко, "кредитний ризик - це наявний або потенційний ризик для надходжень і капіталу, який виникає через неспроможність сторони, що взяла на себе зобов'язання, виконати умови фінансової угоди з банком або в інший спосіб виконати взяті на себе зобов'язання". Це визначення підкреслює важливість виконання позичальниками своїх зобов'язань і роль банків у мінімізації цих ризиків через ретельний аналіз клієнтів.

Ю. О. Гаркуша та Є. І. Сполітак характеризують кредитний ризик як "ймовірність часткового або повного невиконання зобов'язань позичальником перед банком, що спричиняє недоотримання банком очікуваних доходів або завдання збитків". У цьому визначенні акцент зроблено на суб'єктах кредитних відносин (банк і позичальник) та об'єкті (кредит), що є центральним елементом цих взаємин.

Кризові явища в економіці України свідчать про високий рівень вразливості економічної системи та її залежність від негативного впливу зовнішніх дестабілізуючих чинників. Загрози національній безпеці України в області фінансових відносин створюють максимальний негативний вплив на рівень економічної безпеки держави, особливо це стосується загроз у сферах валютної, банківської та боргової безпеки [8-9].

Сучасні економічні виклики, такі як глобальні фінансові кризи, нестабільність валютного ринку, високий рівень інфляції та боргове навантаження держави, вимагають розробки комплексних механізмів управління фінансовими ризиками. Українська економіка є відкритою, що з одного боку сприяє залученню іноземних інвестицій, а з іншого – робить її вразливою до глобальних кризових явищ.

Відповідно до Концепції забезпечення національної безпеки у фінансовій сфері від 15 серпня 2012 р. № 569 [7, 9], формування та впровадження ефективного механізму державного управління фінансовими ризиками є ключовим елементом стабільного функціонування економічної системи України та

її подальшого розвитку. Цей механізм спрямований на мінімізацію негативних наслідків кризових явищ і їх попередження, що дозволяє зберігати стійкість фінансової системи та забезпечувати її адаптацію до зовнішніх і внутрішніх викликів.

Наукові дослідження підтверджують доцільність поділу фінансових ризиків у системі економічної безпеки України на кілька основних напрямів: банківська безпека, валютна безпека, грошово-кредитна безпека, боргова безпека, бюджетна безпека та безпека небанківського фінансового ринку. Особливу увагу серед цих категорій заслуговують кредитні ризики, які є невід'ємною частиною банківської діяльності та мають значний вплив на стійкість фінансових установ [8].

Крім кредитних ризиків, значну роль відіграють валютні ризики, особливо у контексті залежності економіки України від міжнародних фінансових ринків. Коливання валютного курсу можуть впливати на рівень платоспроможності позичальників, що в підсумку призводить до підвищення ризику неповернення кредитів та зниження фінансової стабільності банків [10].

Кредитні ризики в банківській системі безпосередньо впливають на прибутковість і ліквідність банків. Високий рівень таких ризиків може призвести до зниження фінансової стабільності банків та погіршення їх спроможності надавати кредити. Це, у свою чергу, негативно відображається на економіці країни, оскільки банки є основними інструментами забезпечення підприємств кредитними ресурсами, необхідними для їхнього функціонування та розвитку. В умовах економічної кризи проблема повернення кредитів стає особливо актуальною, оскільки бізнес та громадяни можуть стикатися з труднощами у виконанні своїх фінансових зобов'язань. У разі банкрутства позичальників банки несуть фінансові втрати, що може призвести до нестачі ліквідності та зниження рівня фінансової безпеки [10].

Фактори, які можуть спричинити відхилення результатів кредитної діяльності від запланованих показників, називають факторами кредитного ризику [11]. Вони поділяються на дві основні категорії: контрольовані та неконтрольовані. Контрольовані фактори залежать від рішень та дій банківського керівництва,

зокрема, від якості управління та процесів оцінки кредитоспроможності позичальників. Неконтрольовані фактори мають зовнішнє походження і включають макроекономічну ситуацію, політичну стабільність, а також глобальні економічні кризи [10]

У науковій літературі існують різні підходи до класифікації факторів кредитного ризику. Наприклад, В.А. Чернов пропонує розподіляти їх за ступенем впливу на три основні групи [12]:

Серед ключових факторів, що спричиняють зростання кредитного ризику, можна виділити:

- Надмірна концентрація кредитів у певних галузях або серед вузького кола позичальників;
- Часті зміни кредитної політики банку;
- Зростання частки нових позичальників із недостатньою кредитною історією;
- Відсутність належної диверсифікації кредитного портфеля;
- Неправильна оцінка кредитоспроможності клієнтів та недостатня увага до заставного забезпечення.

Фактори кредитного ризику можна поділити на три основні групи:

1. Зовнішні фактори – макроекономічні умови, політична нестабільність, валютні коливання;
2. Внутрішньобанківські фактори – якість управління ризиками, недоліки в процедурі оцінки позичальників;
3. Фактори, пов'язані з позичальником – фінансова нестабільність клієнта, низька ліквідність активів.

Аналіз кредитного ризику дозволяє банкам розробляти стратегії зниження потенційних втрат, своєчасно виявляти загрози та оптимізувати процес кредитування. Особливо важливим є врахування цих чинників при короткостроковому кредитуванні, оскільки в цьому випадку внутрішньобанківські фактори мають вирішальний вплив. При довгостроковому кредитуванні домінуючу роль відіграють зовнішні фактори [13].

Ефективне управління кредитними ризиками дозволяє банкам мінімізувати втрати, підвищувати рівень повернення кредитів та забезпечувати стабільний розвиток навіть у періоди економічних криз. Зменшення ризиків сприяє підвищенню довіри клієнтів до банківської системи, а також стимулює економічне зростання через підтримку малого та середнього бізнесу [14].

Система управління ризиками є важливою для забезпечення стабільності та надійності банків. Вона дозволяє банкам перевіряти, контролювати та моніторити ризики, з якими банк може стикатися під час своєї роботи. Це допомагає банкам уникати збитків і забезпечити захист інтересів своїх клієнтів. На рисунку 1.2 наведено основні складові системи управління банківськими ризиками.

Процес перевірки та управління ризиками всі види діяльності банку, на які можуть впливати на параметри його ризиків, що допомагає безперервному процесу аналізу ситуації та оточення, в яких виникають ризики, і прийняття управлінських рішень щодо впливу на самі ризики та на рівень вразливості банку до них [15].



Рис. 1.2 Елементи системи управління ризиками в банках

Ключовими елементами системи управління ризиками в банківській сфері є етап оцінювання ризиків. Для покращення методологічної бази цього етапу

пропонується концептуальна схема моделювання ризиків банківської діяльності, яка включає чотири основні блоки:

1. Розробка моделей оцінки валютного ризику;
2. Розробка моделей оцінки кредитного ризику;
3. Стрес-тестування ризиків банківської діяльності;
4. Прийняття рішень для стабілізації фінансового стану банку на основі результатів моделювання ризиків за різними сценаріями.

Розробка моделей спрямована на аналіз впливу валютного ризику на фінансові показники банку та розробку моделі прогнозування загальної валютної позиції. У межах цього передбачено такі завдання:

- Оцінка впливу шоківих змін валютного курсу;
- Визначення нормативних показників банку, що підлягають переоцінці в умовах валютного ризику;
- Переоцінка складових нормативних показників за умов зміненого курсу валют;
- Визначення методів прогнозування загальної валютної позиції;
- Прогнозування значень валютної позиції для кожної окремої валюти;
- Формування загальної валютної позиції на основі прогнозованих даних;
- Порівняння фактичного та прогнозованого значень валютної позиції;
- Аналіз нормативних показників як індикаторів валютного ризику та їх співвідношення з граничними значеннями.

Що до моделей кредитного ризику то, він передбачає моделювання кредитного портфеля банку та його оцінки. На основі балансової вартості кредиту та його теперішньої вартості розробляються дві моделі для визначення величини резервів за наданими кредитами. Ці моделі базуються на методиках, запропонованих Національним банком України та Міжнародною системою фінансової звітності (МСФЗ) [16].

Що до цих методик, банк класифікує активи за категоріями. Під час оцінки фінансового стану боржника банк визначає його коефіцієнт кредитоспроможності та платоспроможності, а також розраховує розмір резерву за групою фінансових

активів без урахування забезпечення. Таким чином, на алгоритм розрахунку резерву впливає лише один показник – суттєвість активу, а на розмір резерву – показник безризиковості.

Цей підхід дозволяє банку більш точно оцінювати ризики та формувати резерви, необхідні для покриття потенційних збитків, що сприяє підвищенню стабільності фінансової діяльності.

1.3 Сучасні підходи до візуалізації кредитних ризиків та фінансових даних

У сучасних умовах цифрової трансформації банківського сектору візуалізація кредитних ризиків стала одним із ключових інструментів підтримки аналітичного процесу. З огляду на високий рівень конкуренції, збільшення обсягів даних та необхідність оперативного прийняття рішень, банки активно переходять від традиційних статичних звітів до інтерактивних панелей та багатовимірних графічних моделей. Візуалізація дозволяє не лише швидко інтерпретувати інформацію, а й виявляти приховані закономірності у поведінці портфеля, аналізувати динаміку клієнтської активності та прогнозувати ймовірність виникнення ризикових подій. Таким чином, сучасні підходи поєднують аналітичні алгоритми, системи обробки великих даних та інструменти бізнес-візуалізації, формуючи єдиний аналітичний простір для експертів з ризиків, фінансистів і керівництва банку.

Візуальна аналітика кредитних ризиків ґрунтується на кількох ключових принципах: інтерактивності, багатовимірності даних, гнучкості їхнього представлення та можливості оперативного оновлення. Завдяки цьому складні фінансові показники - просрочка, структура портфеля, поведінкові патерни клієнтів, рівень навантаження на кредитні ліміти, динаміка грошових потоків - можуть бути представлено у зрозумілій графічній формі.

1.3.1 Сучасні інструменти фінансової візуалізації та їхні обмеження у сфері кредитного ризику

Зростання обсягу транзакційних даних, різноманітність поведінкових моделей клієнтів та поява нових продуктів формують потребу у багатовимірному відображенні інформації в зручній та інформативній формі. Саме тому сучасні підходи до візуалізації базуються на інтерактивних панелях, гнучких графічних елементах та механізмах швидкої обробки даних, що дозволяє оцінювати якість портфеля у режимі майже реального часу. Водночас, попри розвинуті технічні можливості, процес побудови візуальної аналітики у сфері кредитування потребує ретельної підготовки даних, структуризації показників та попереднього розрахунку ризикових характеристик.

Програмні інструменти, які сьогодні застосовуються у фінансовому секторі, суттєво відрізняються за функціональністю та глибиною аналітики, однак для всіх них характерна спільна риса - вони не здійснюють автоматичного моделювання ризику, а покладаються на вже підготовлені дані. Навіть складні корпоративні рішення, такі як SAS Risk Management чи Moody's CreditLens, здатні обробляти великі інформаційні масиви, але потребують правильно структурованих показників, очищених наборів та попередньо розрахованих параметрів, що унеможливорює побудову універсальної візуальної моделі без втручання аналітика. Масові рішення, як-от Minfin/Finance.ua, дають лише базовий опис продуктів, не охоплюючи їхньої поведінкової чи ризикової динаміки. Таблично-візуальні інструменти, такі як Tableau Public і Power BI, забезпечують високий рівень інтерактивності та гнучкості, але не мають вбудованих механізмів для оцінки ризикових параметрів, тому вимагають від користувача окремого етапу підготовки даних.

Порівняльна характеристика інструментів візуалізації

| Існуючий інструмент | Принцип | Переваги | Обмеження |
|---------------------|---|---|--|
| Minfin / Finance.ua | Збір і відображення базових параметрів кредитних продуктів | Простота використання; Велика база пропозицій. | Відсутня аналітика та динаміки поведінки; Потребує попередньої підготовки показників. |
| Moody's CreditLens | Автоматичний аналіз фінансової звітності позичальників | Можливість прогнозування ймовірності дефолту; Сильна аналітика кредитоспроможності | Не підходить для роздрібних кредитних продуктів; Дуже висока вартість. |
| Tableau Public | Візуалізація та аналіз даних шляхом перетворення таблиць і наборів даних у інтерактивні графіки | Інтерактивність панелі; Висока швидкість обробки даних. | Всі показники ризику мають бути розраховані до завантаження. |
| Power BI | Створення інтерактивних панелей, DAX-аналітика, інтеграція з базами даних | Зручність, автоматичне оновлення даних; Широкий набір візуалів | Не містить алгоритмів оцінювання ризику; |

Ключовою проблемою сучасних підходів є саме необхідність попередньої обробки даних, що включає очищення наборів, нормування значень, обчислення похідних показників та визначення ризикових індикаторів. Без цього жоден інструмент - незалежно від своєї складності чи вартості - не здатен забезпечити достовірне порівняння кредитних продуктів. Такий підхід створює значні труднощі для аналітиків: процес підготовки даних є трудомістким, потребує спеціальних знань і часто виконується вручну, що підвищує ризик помилок та ускладнює масштабування аналітики. Особливо проблематичним є формування показників, що характеризують поведінку клієнтів, прострочку, навантаження на ліміти чи стабільність обслуговування, адже ці дані нерідко розподілені між різними внутрішніми системами банку.

Наслідком цього є те, що сучасні інструменти візуалізації не здатні забезпечити цілісне порівняння кредитних продуктів за ключовими параметрами ризику без суттєвої попередньої роботи з даними. Незважаючи на широку функціональність та велику кількість доступних графічних елементів, такі платформи виступають радше механізмами відображення, ніж інструментами самостійної аналітичної оцінки. У результаті на ринку фактично відсутні рішення, які могли б об'єднати підготовку даних, розрахунок ризикових параметрів та їхню інтерактивну візуалізацію в єдиному середовищі. Саме ця обставина формує передумови для розроблення спеціалізованих візуально-аналітичних методик, здатних усунути фрагментацію аналітичного процесу і забезпечити порівняння продуктів не лише за базовими характеристиками, а й за структурою та інтенсивністю ризику.

1.3.2 Тенденції розвитку методів моделювання кредитних ризиків у банківській сфері

Центральні банки досить зацікавлені в штучному інтелекті, тому що він все ще існує дослідження з точки зору завдань, які можуть бути виконані за допомогою цієї технології. Таким чином, штучний інтелект може змінити багато операцій центрального банку та значно підвищити їх ефективність. Центральні

банки повинні уважно вивчити можливості та проблеми, пов'язані з застосування штучного інтелекту, а також створення відповідних стратегій для максимізації переваг знижуючи при цьому ризики.

В Україні технології штучного інтелекту активно використовуються у різних сферах. У 2020 році було прийнято Концепцію розвитку штучного інтелекту, яка визначає його як сукупність інформаційних технологій, що дозволяють вирішувати складні завдання за допомогою алгоритмів обробки даних та моделей прийняття рішень. Основною метою штучного інтелекту, є забезпечення інформаційних систем здатністю аналізувати, адаптуватися та приймати рішення на основі глибокого аналізу даних. Дані технології вже стали важливими елементами у різних галузі, включаючи фінансові послуги та креативну індустрію, що використовується для оптимізації процесів та підвищення продуктивності [13-14].

Можливості застосування штучного інтелекту є різноманітні. Зважаючи на його розвиток, ми можемо виділити п'ять переваг застосування штучного інтелекту в банківській системі:

1. Покращення обслуговування клієнтів – оскільки утримання роботи кол-центру є дорогим то можемо зменшити та покращити обслуговування клієнтів та підвищити операційні ефективність, як виклик до кол-центру та очікування відповіді оператора. Розмовний штучний інтелект, який використовує дані із соціальних мереж, буде аналізувати минулі виклики клієнтів та перевіряти поточний фінансовий стан, щоб керувати розмовою, є одним із способів, якими може допомогти штучний інтелект;
2. Стягнення та повернення заборгованості – штучний інтелект має кілька застосувань у сфері стягнення та повернення боргів, особливо в нестабільні економічні часи, коли клієнти часто не сплачують свої платежі. Штучний інтелект можна використовувати в цій галузі для створення систем раннього попередження та методів прогнозування, які сприятимуть стягненню боргів;

3. Оцінка та управління ризиків – штучний інтелект має потенціал для покращення оцінки ризиків та управління, дозволяючи фінансовій галузі в цілому більш ефективно оцінювати ризики та визначати, які клієнти не підходять для використання певних товарів і послуг;
4. Оптимізація процесу андеррайтингу - моделі машинного навчання та роботизована автоматизація процесу можуть бути використані для покращення спрощеної процедури андеррайтингу. Використовуючи ці процедури, можна скоротити типовий час для схвалення позики в області онлайн-схвалення позики;
5. Персоналізація клієнтського досвіду - є важливим чинником утримання клієнтів, тому банки повинні пропонувати індивідуалізовані послуги. За допомогою штучного інтелекту банки можуть більш точно прогнозувати вимоги та поведінку своїх поточних і потенційних клієнтів [16].

Життєво важливо розуміти, в яких сферах штучного інтелекту центральних банків можна застосувати для отримати кращого розуміння проблем і ризиків, пов'язаних з цим. Центральні банки широко використовують методи машинного навчання для збору високоякісних даних на мікрорівні. Завдяки цьому методу став можливим великомасштабний, деталізований збір даних, який є особливим для центральних банків. Макроекономіка та фінансовий аналіз є наступним напрямком, де штучний інтелект буде використовуватися для допомоги в реалізації монетарної політики. У цій області, може бути застосовані нейронні мережі, де буде моніторинг інфляції та її прогнозування.

Слід зазначити, що сучасне управління кредитними ризиками в банках ґрунтується на використанні провідних методів моделювання, за допомогою яких можливе оцінювання, прогнозування та контроль ризиків. Для цієї мети використовуються статистичні, економетричні та комп'ютерні методи. Кожен з написаних нижче підходів має особливості та використовується на практиці в залежності від тих чи інших обставин, а саме: умов ведення банківської діяльності та наявності необхідних для його застосування показників та даних. Обов'язковою рисою сучасних методів моделювання є їх адаптивність до змін фінансового

середовища: це дає змогу банківським установам швидко реагувати на нові calls, зокрема, фінансові кризи та надходження нормативного права [15].

Одним з найбільш поширених засобів оцінки кредитних ризиків ґрунтується на статистичних методах. Вони проводять аналіз існуючих історичних даних, що дозволяє виявити закономірності та тенденції, які можуть бути прогнозуванням майбутніх ризиків. Основна ідея цих методів полягає в тому, що минулі події можуть служити індикатором майбутніх ризиків.

До прикладу, банки можуть аналізувати дані про неповернення кредитів за минулі роки, і для визначення таких факторів: як рівень доходу позичальника, кредитна історія і галузь зайнятості, що мають найбільший вплив на ймовірність дефолту. На основі цих даних створюються моделі, які дозволяють прогнозувати ризик неплатоспроможності для нових позичальників. Але точність статистичних методів може бути не точним в умовах швидких змін ринку або швидких змін економіки. Однак, ці методи мають обмеження, пов'язані з тим, що вони не враховують нові, непередбачувані фактори, які можуть виникнути в майбутньому, наприклад, глобальні економічні шоки або зміни в законодавстві.

Перевагою статистичних методів це є їхня простота та доступність. Однак вони мають і свої обмеження. Зокрема, ці методи часто не враховують зовнішні фактори, такі як зміни в економічному середовищі або політичні події, які можуть вплинути на фінансові установи.

Економетричні методи є більш складними, оскільки вони базуються на математичних моделях за допомогою яких ймовірно можливо оцінити вплив різних факторів на кредитний ризик. Цей метод дає можливість брати до уваги як внутрішні фактори, так і зовнішні фактори [17].

Цей метод широко використовують, наприклад, для аналізу макроекономічних ризиків, які можуть вплинути на кредитний портфель банку. Один із прикладів цього методу – є регресійний аналіз, за допомогою якого можливо визначити, як зміна одного фактора впливає на ймовірність неповернення кредиту. Можливо використовувати такі моделі, які відображають часові ряди, ймовірно можливо аналізувати ризики в динаміці. Однак,

економетричні методи вимагають високої якості даних та глибокого розуміння економічних процесів, що може бути складним для банків, які не мають достатньої кількості кваліфікованих аналітиків.

Економетричні методи є потужним інструментом для прогнозування кредитних ризиків, але вони вимагають високого рівня кваліфікації аналітиків та доступності якісних даних. Крім того, ці методи можуть бути менш ефективними в умовах нестабільного економічного середовища, коли зовнішні фактори змінюються дуже швидко.

1.3.3 Проблематика механізму оцінки та візуалізації кредитного ризику

У банківській сфері кредитний ризик традиційно оцінюється на основі великої кількості показників, статистичних даних та внутрішніх звітів. Однак така інформація часто подається у фрагментарному, розрізненому вигляді - у таблицях, окремих файлах або текстових описах. Це створює ситуацію, коли аналіз ризику є складним, трудомістким і не завжди дає можливість швидко сформувати повну картину стану кредитного портфеля.

Однією з ключових проблем є те, що немає єдиного інструмента, який би дозволяв централізовано оцінювати ризиковість кредитних продуктів та наочно порівнювати їх між собою. Аналітикам доводиться поєднувати дані вручну, що збільшує час аналізу та підвищує ймовірність неточностей.

Також у більшості випадків бракує візуальних механізмів, які дозволяють:

- швидко оцінити структуру кредитного портфеля;
- визначити, які продукти генерують підвищений ризик;
- виявити концентрації ризику;
- помітити аномальні або нестандартні кредити;
- простежити загальні тенденції в поведінці портфеля.

Через відсутність візуалізації аналітик змушений працювати виключно з числовими значеннями, що ускладнює інтерпретацію інформації. Керівництву, у свою чергу, складно отримувати узагальнену та зрозумілу картину ризиків.

Основні проблеми сучасного аналізу кредитного ризику

| Проблема | Зміст | Наслідки |
|-----------------------------------|---|---|
| Роз'єднаність даних | Показники ризику зберігаються у різних документах та системах | Немає цілісної оцінки портфеля |
| Відсутність сучасної візуалізації | Дані не подаються у вигляді графіків чи карт ризику | Складно оцінити взаємозв'язки та відхилення |
| Ручне порівняння продуктів | Аналітики самостійно зіставляють дані | Можливі помилки та втрати часу |
| Складність виявлення аномалій | Текстові звіти не показують відхилень у даних | Ризикові кредити можуть залишатися непоміченими |
| Недостатня аналітична підтримка | Немає інтегративного інструмента для прийняття рішень | Знижується якість управління портфелем |

Усе це призводить до того, що ризикові зони можуть бути виявлені із запізненням, а процес прийняття управлінських рішень - сповільнюється.

2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ВІЗУАЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ

2.1. Теоретико-математичні основи кількісного аналізу кредитування

Оцінювання банківських кредитних продуктів є багатовимірною задачею, яка неможлива без застосування потужного математичного апарату. Цей апарат дозволяє трансформувати якісні характеристики позичальника та умови кредитного договору в чисельні показники, що описують вартість активу, ступінь ризику, прогноз платоспроможності клієнта та динаміку поведінки заборгованості у часі.

Кількісні моделі формують фундамент для прийняття стратегічних та оперативних рішень банками, інвестиційними аналітиками, державними регуляторами та автоматизованими скоринговими системами (Decision Engines). В умовах цифровізації економіки, оцінка кредитоспроможності та вибір оптимального кредитного продукту дедалі менше покладаються на експертні судження і дедалі більше ґрунтуються на формальних стохастичних та детермінованих методах моделювання. Це забезпечує об'єктивність (відсутність людського фактора), масштабованість (можливість обробки мільйонів заявок) і відтворюваність результатів (можливість аудиту та бек-тестування).

У широкому методологічному сенсі кількісні моделі кредитування, що використовуються для побудови візуально-аналітичної методики, можна класифікувати за двома взаємопов'язаними напрямками:

Моделі оцінювання вартості та структури кредиту (Фінансово-економічні моделі): орієнтовані на розрахунок грошових потоків, реальної вартості ресурсів у часі, визначення переplat, формування ефективної ставки (EIR/APR) та оцінку прибутковості продукту.

Моделі оцінювання кредитного ризику (Імовірнісні моделі): фокусуються на прогнозуванні невизначеності, зокрема компонентів кредитного ризику PD

(Probability of Default), LGD (Loss Given Default), EAD (Exposure at Default) та інтегрального показника очікуваних втрат EL (Expected Loss).

Синтез цих двох напрямів дозволяє перейти від простого обліку боргів до управління портфелем на основі вартості, скоригованої на ризик (Risk-Based Pricing).

2.1.1. Фінансовий фундамент кількісного аналізу: моделювання грошових потоків

Грошові потоки (Cash Flows) є основною структурною одиницею будь-якої фінансової моделі. У контексті кредитування грошовий потік описує сукупність платежів, що здійснюються між банком та позичальником у продовж строку дії кредитного договору.

Базовим теоретичним фундаментом фінансового аналізу є концепція вартості грошей у часі (Time Value of Money), яка відображає той факт, що однакова сума грошей сьогодні та в майбутньому має різну економічну цінність. Вона є ключем до розрахунку вартості кредитів, графіків погашення та порівняння різних кредитних продуктів.

Центральною формулою TVM є формула дисконтування (2.1):

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^t}, \quad (2.1)$$

де PV (Present Value) - теперішня вартість платежу;

FV (Future Value) - майбутня вартість;

r - ставка дисконту (вартість капіталу, ставка фондування);

t - кількість періодів до моменту виплати.

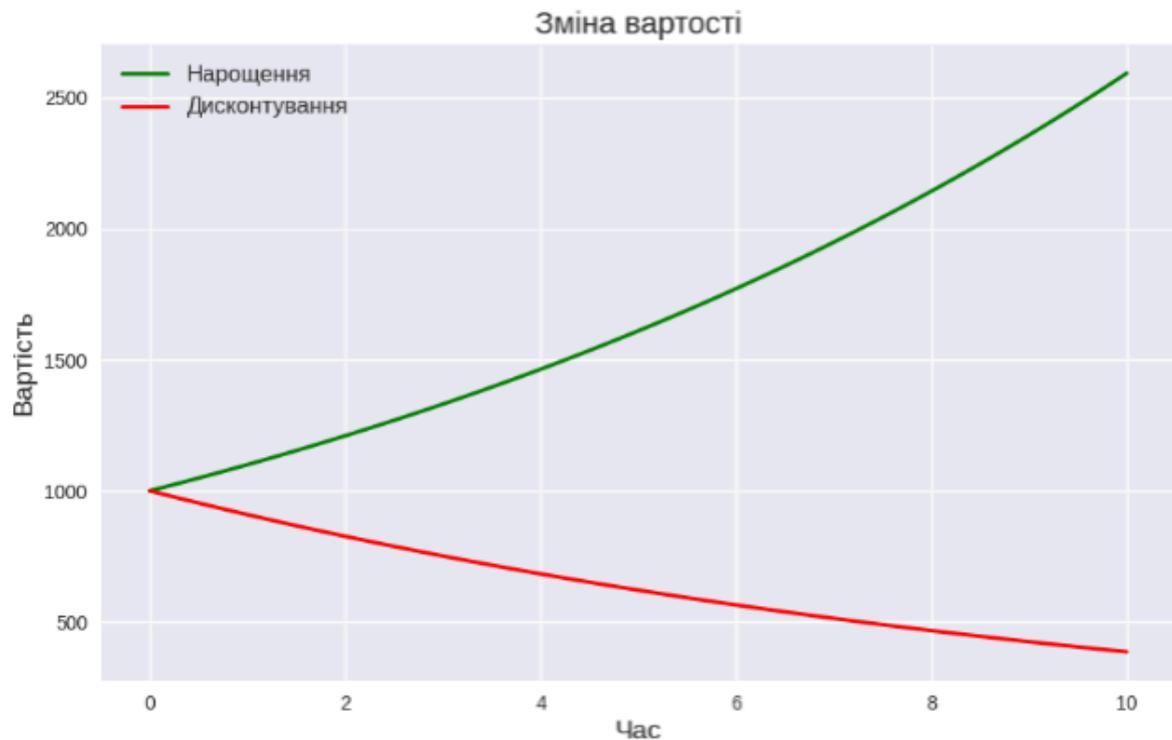


Рис. 2.1 Графік зміни вартості грошей у часі: дисконтування та нарощення

На основі цієї базової формули будується весь апарат оцінювання комерційної привабливості кредиту, включаючи розрахунок графіків амортизації та ефективної процентної ставки.

У роздрібному кредитуванні найчастіше застосовується схема ануїтетних платежів - рівних за сумою щомісячних платежів, що включають частину основного боргу та відсотки.

$$A = P \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}, \quad (2.2)$$

де A - розмір щомісячного ануїтетного платежу, який позичальник сплачує протягом усього строку кредиту;

P - початкова сума кредиту;

r - місячна процентна ставка;

n - кількість місяців кредитування.

Ця модель є критично важливою для продуктів типу PИL та Restruct, оскільки забезпечує прогнозованість вхідного грошового потоку для банку. Однак, вона має особливість: у перші періоди значна частина платежу йде на погашення відсотків, а тіло кредиту зменшується повільно, що впливає на показник LGD у разі раннього дефолту.

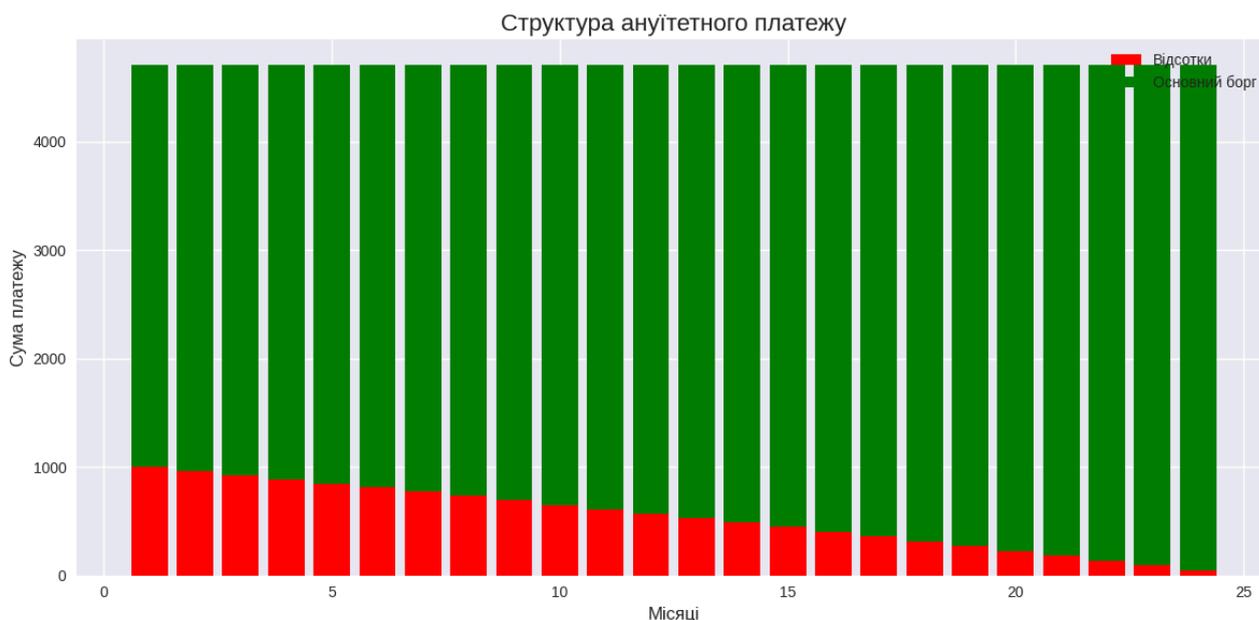


Рис. 2.2 Структура ануїтетного платежу

Ануїтет забезпечує стабільність та прогнозованість платежів, але має особливість: на початку кредиту більша частина платежу - це відсотки, а не тіло. Через це у перші періоди дебіторська заборгованість зменшується повільно, а у разі дефолту на ранній стадії банк зазнає більших втрат, ніж наприкінці кредитного циклу.

Для порівняння продуктів з різними графіками та комісіями використовується модель внутрішньої норми прибутковості, яка в банківській практиці відома як ефективна ставка (Effective Interest Rate). Математично EIR - це таке значення ставки, при якому чиста приведена вартість (NPV) усіх грошових потоків кредиту дорівнює нулю

У програмній частині даної роботи моделі грошових потоків застосовуються для симуляції ключових фінансових параметрів кредитів, що надходять із файлів

Excel або самої бази. Зокрема, формули дисконтування, ануїтетні розрахунки та ефективна процентна ставка дозволяють формувати узагальнені показники вартості продуктів.

У візуально-аналітичній панелі результати цих розрахунків використовуються для побудови графіків структури платежів, порівняння різних продуктів за фінансовими параметрами та формування додаткових індикаторів ризику. Таким чином, математичний базис фінансового моделювання безпосередньо інтегрований у систему, забезпечуючи коректність і практичну цінність візуалізації.

2.1.2 Математичний фундамент ризикового аналізу

Якщо фінансові моделі працюють з детермінованими величинами (графік платежів відомий заздалегідь), то моделі ризику оперують імовірностями. Згідно з рекомендаціями Базельського комітету (Basel II/III), оцінка кредитного ризику базується на трьох компонентах, що формують очікуваний збиток (Expected Loss):

$$EL = PD \times LGD \times EAD, \quad (2.3)$$

де PD — ймовірність дефолту позичальника;

LGD — частка втрат при дефолті;

EAD — експозиція на момент дефолту.

Це оцінка ймовірності того, що позичальник не зможе виконати свої зобов'язання протягом певного часового горизонту (зазвичай 12 місяців).

Для розрахунку PD найчастіше використовується логістична регресія. Вона дозволяє передбачити бінарну змінну (дефолт/не дефолт) на основі набору предикторів (дохід, вік, кредитна історія). Математично зв'язок описується сигмоїдальною функцією (2.4):

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \quad (2.4)$$

$$z = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n, \quad (2.5)$$

де $P(Y = 1)$ - ймовірність настання дефолту;

Z — лінійна комбінація факторів;

x_n - фактори ризику (незалежні змінні);

β_n - вагові коефіцієнти, що визначаються методом максимальної правдоподібності.

LGD (Loss Given Default) - Рівень втрат при дефолті. Показник, що відображає частку активу, яка буде безповоротно втрачена у випадку дефолту. LGD є стохастичною величиною, яка залежить від наявності застави та ефективності процесу стягнення (2.6).

$$LGD = 1 - RR. \quad (2.6)$$

У моделюванні LGD часто використовують бета-розподіл, оскільки значення цього показника обмежені інтервалом $[0;1]$.

EAD (Exposure at Default) - Експозиція під ризиком, це поточний баланс заборгованості.

Це прогнозована сума заборгованості на момент настання дефолту. Уся сума боргу, яка залишилась на момент дефолту, враховується повністю.

Строкові кредити - це фінансові продукти з фіксованим графіком погашення. До них належать іпотечні кредити, автокредити, бізнес-позики тощо. У таких продуктах позичальник отримує всю суму кредиту одразу, і погашення відбувається згідно з заздалегідь визначеним графіком.

У контексті EAD, строкові кредити мають просту структуру:

1. Вся сума боргу вже використана.
2. Позабалансові зобов'язання відсутні.
3. EAD дорівнює поточній балансовій заборгованості.

Це означає, що на момент дефолту банк ризикує втратити саме ту суму, яка залишилась непогашеною. Такий підхід є прямолінійним і не потребує додаткових коригувань.

Револьверні кредити - це продукти з відкритим кредитним лімітом, який позичальник може використовувати частково або повністю. Прикладами є кредитні картки, овердрафти, кредитні лінії. Особливість таких продуктів полягає в тому, що на момент дефолту клієнт може ще не використати весь доступний ліміт, але має можливість зробити це перед дефолтом.

Тому структура EAD для револьверних продуктів включає не лише баланс, але й позабалансову частину, яка моделюється за допомогою CCF (Credit Conversion Factor) - коефіцієнта кредитної конверсії (2.7).

$$EAD_{revolver} = \text{Балансова частина} + CCF \cdot \text{Невикористаний ліміт}. \quad (2.7)$$

Таблиця 2.1

Порівняльна таблиця кредитної конверсії

| Тип продукту | Балансова частина | Позабалансова частина | CCF | Формула EAD |
|---------------------|-------------------|-----------------------|--------|---|
| Строковий кредит | 100% | 0% | 100% | EAD = Поточна заборгованість |
| Револьверний кредит | Частково | Частково | 50–75% | EAD = Баланс + CCF × Невикористаний ліміт |

Значення CCF залежить від типу продукту та регуляторних вимог.
Наприклад:

Для кредитних карток CCF \approx 75%

Для комерційних кредитних ліній CCF \approx 50%

Це означає, що банк повинен враховувати не лише вже використану суму, але й частину невикористаного ліміту, яка потенційно може бути активована перед дефолтом.

Для строкових кредитів (PIL): $EAD \approx$ Поточний залишок.

Для револьверних продуктів (CC, Debit): EAD моделюється складніше, оскільки клієнт може використати додаткові кошти перед дефолтом.

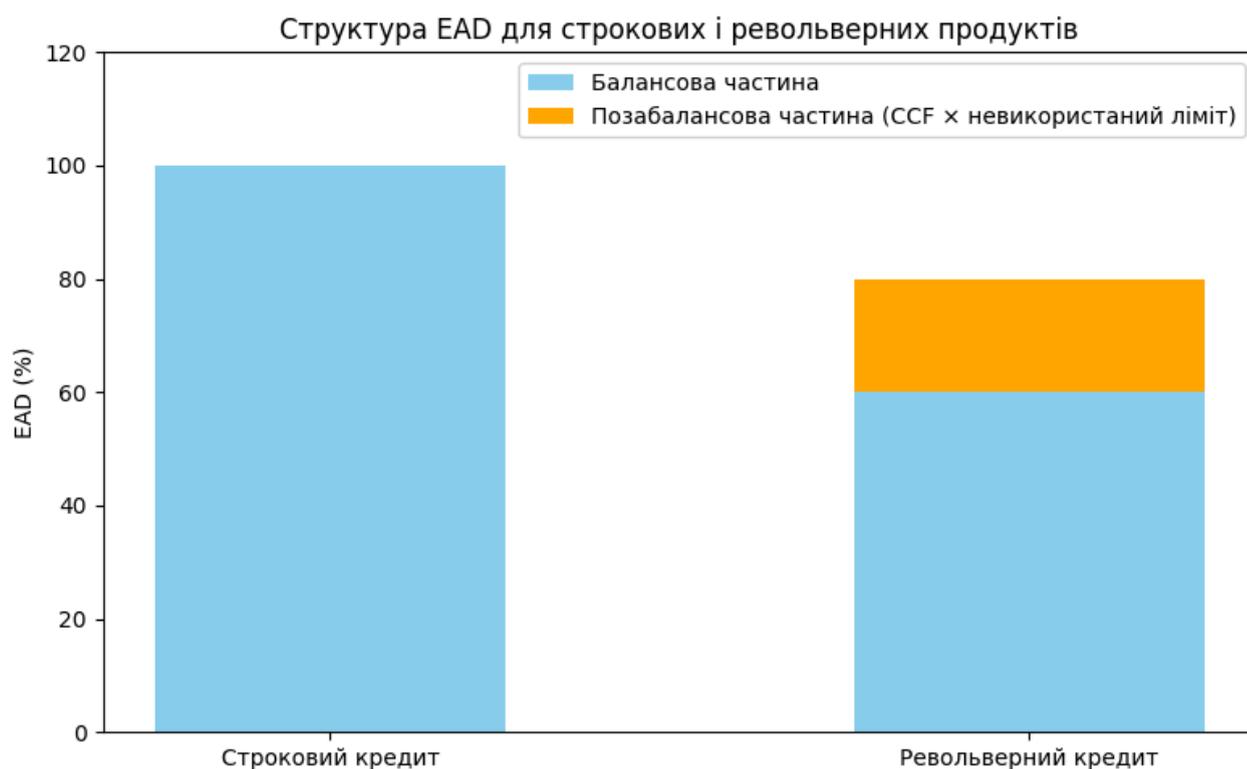


Рис. 2.3 Структура EAD для револьверних і строкових продуктів

$$EAD = Balance_{current} + CCF \times Limit - Balance_{current} \quad (2.8)$$

Структура EAD є фундаментальним елементом у системі управління кредитним ризиком. Для строкових продуктів вона є простою і лінійною, тоді як для револьверних - складнішою, з урахуванням потенційного використання ліміту. Застосування CCF дозволяє банкам моделювати поведінку клієнтів більш

реалістично, що сприяє точнішій оцінці ризиків та ефективнішому управлінню портфелем.

У проєкті математичний апарат ризикового аналізу використовується для автоматичного формування показників PD, LGD та EAD на рівні кожного кредитного запису у вибірці. Алгоритми, описані в теоретичній частині, реалізуються у вигляді спрощених, але практичних моделей, які дозволяють отримати числову оцінку ризику прямо в інтерфейсі візуально-аналітичної панелі.

Ці результати надалі застосовуються для побудови діаграм: розподілу кредитів за рівнями ризику, порівняння продуктів між собою, а також для обчислення інтегральних показників (наприклад, EL або ICRI). Таким чином, математичні формули цього підрозділу переходять у фактичний інструмент, який користувач бачить на графіках і використовує для оцінювання кредитного портфеля.

2.2 Логістична регресія як базова модель PD

Модель PD є базовою складовою системи оцінювання кредитного ризику, оскільки саме вона визначає ймовірність того, що позичальник не погасить кредит у визначений строк. Найпоширенішим підходом до моделювання PD є логістична регресія, що застосовується для оцінки ймовірностей у рамках інтервалу від 0 до 1. Логістична функція забезпечує плавний перехід між низькими та високими значеннями ризику та дає змогу враховувати як фінансові, так і поведінкові характеристики.

Логіт-функція будується на лінійній комбінації незалежних змінних, що відображають ключові параметри кредиту. У даній роботі при формуванні моделі PD використовуються два фактори:

- натуральний логарифм суми кредиту ($\ln(\text{CreditSum})$), що враховує масштаб кредитного навантаження на клієнта;
- нормований показник прострочення (DPDscore), що відображає історичну дисципліну позичальника.

Таким чином, модель передбачає, що ризик дефолту зростає зі збільшенням суми кредиту та з погіршенням поведінкових характеристик клієнта (2.10).

$$PD = \frac{1}{1+e^{-z}}, \quad (2.9)$$

$$Z = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{CreditSum}) + \beta_2 \text{DPD}_{score}, \quad (2.10)$$

де Z - лінійна комбінація факторів (логіт-функція);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ - коефіцієнти моделі, задані емпірично;

$\ln(\text{CreditSum})$ - натуральний логарифм суми кредиту;

DPD_{score} - нормований показник днів прострочки.

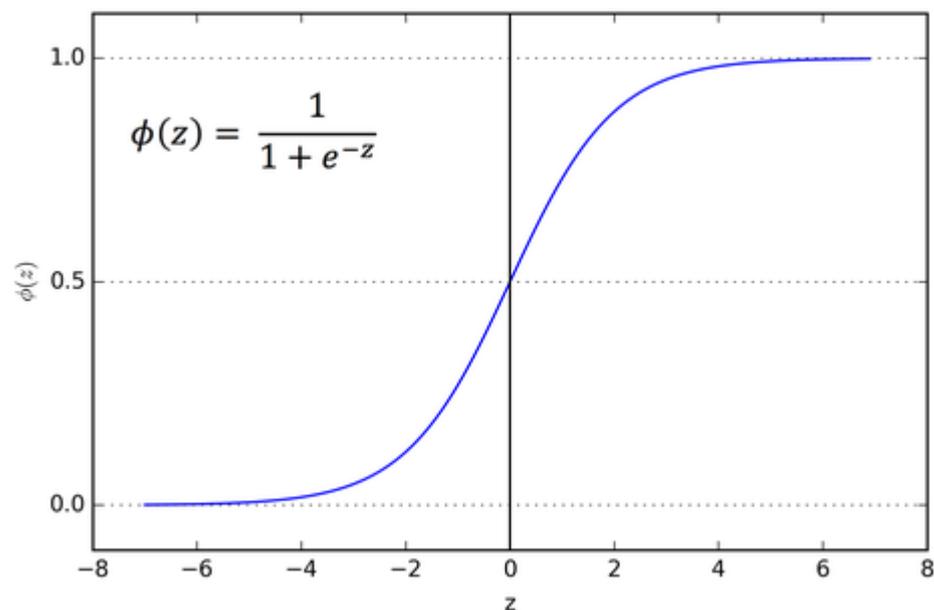


Рис. 2.4 S-образна крива логістичної регресії

Ця модель дозволяє адаптивно оцінити ризикованість кожного позичальника, враховуючи як фінансові параметри, так і історію погашення зобов'язань.

Найчастіше саму модель PD використовують при:

– прийнятті рішення про видачу кредиту;

- формуванні скорингових карт;
- визначенні резервів за кредитними операціями;
- прогнозуванні проблемної заборгованості.

Таблиця 2.2

Переваги та недоліки логістичної моделі

| Переваги | Недоліки |
|---|---|
| Інтерпретація внеску кожного фактора у ризик – зрозумілі коефіцієнти | Лінійність: не враховує складні нелінійні взаємозв'язки між змінними |
| Низькі вимоги до даних – працює навіть на невеликих наборах | Чутливість до мультиколінеарності – фактори з високою кореляцією можуть спотворювати результати |
| Стійкість та стабільність, низький ризик переобучення | Обмежена гнучкість – складно моделювати дуже складні патерни |
| Легка інтеграція у бізнес-процеси (кредитування, колекшн, ціноутворення, моніторинг портфеля) | Потребує якісної підготовки даних (нормалізація, відбір змінних) |
| Швидке навчання та прогнозування | Менш точна у порівнянні з сучасними «важкими» моделями (нейронні мережі, градієнтний бустинг) |
| Прозорість та зрозумілість результатів для нефахівців | Не завжди добре працює з великою кількістю ознак без регуляризації |

Модель логістичної регресії, розглянута у цьому підрозділі, є базовим компонентом програмної частини проєкту. Саме на її основі у практичній реалізації формується оцінка PD для кожного кредитного договору, завантаженого з файлу або SQL-бази.

У застосунку ця модель використовується у спрощеному вигляді: вхідні дані нормалізуються, обробляються та трансформуються в числові скорингові значення, які надалі подаються на графіки ризиковості. Це дозволяє в реальному часі порівнювати між собою групи продуктів, ідентифікувати кредити з підвищеним ризиком і відобразити поведінкові закономірності візуально. Таким чином логістична регресія не лише служить теоретичною основою, а й формує ключову частину алгоритмів у візуально-аналітичній системі.

2.3 Моделі втрат та розрахунку у разі дефолту

Оцінювання втрат у разі дефолту є ключовим елементом кредитного ризику, оскільки навіть за однакової ймовірності неповернення розмір потенційних збитків може суттєво відрізнятись залежно від типу продукту, поведінки клієнта, наявності застави та процедур стягнення. Показник LGD відображає частку кредиту, яку банк безповоротно втратить у випадку дефолту клієнта.

У практиці банків LGD оцінюється за групами продуктів (secured / unsecured), оскільки наявність застави суттєво змінює рівень відшкодування. У беззаставних кредитах роздрібного сегмента (PIL, CC, CSF) LGD, як правило, є відносно високим, оскільки кредитор обмежений методами примусового стягнення. Саме тому банк змушений застосовувати математичні моделі, що враховують як залишок заборгованості, так і ймовірну частку повернення через платежі або колекційні процедури [17].

У своєму базовому вигляді LGD може бути визначений «зверху вниз» через ставку відновлення боргу (Recovery Rate), або «знизу вверху» - через детальні сценарії грошових потоків. У даній роботі для простоти та універсальності використовується класична модель на основі RR.

Показник RR - Recovery Rate - є відсотковою часткою боргу, яку банк зможе повернути навіть у разі дефолту. Це може бути:

- часткове добровільне погашення;
- стягнення заробітних доходів;

- погашення через реструктуризацію;
- інкасація дебіторських надходжень;
- продаж портфеля.

Тому $LGD = 1 - RR$ є природним математичним представленням втрат (2.11).

$$LGD = \frac{Loss}{EAD} = 1 - RR, \quad (2.11)$$

де Loss - величина кредитних втрат банку у разі дефолту;

EAD- експозиція на момент дефолту;

RR (Recovery Rate) - частка боргу, що буде повернута (через платежі, заставу, стягнення).

У моделюванні роздрібних кредитів значення RR зазвичай є низьким. Практика банківських портфелів показує, що рівень відновлення для PИL/CC коливається у межах 5–30%.

Оскільки портфель дослідження складається з беззаставних продуктів (PIL, CC, CSF, Debit), то LGD формується переважно за рахунок:

- залишку боргу на момент дефолту;
- прогнозованих надходжень клієнта;
- історичного досвіду повернення боргів у подібних сегментах;
- ефективності внутрішніх і зовнішніх колекційних процесів.

Для овердрафтів LGD дещо нижчий, оскільки поповнення зарплатної картки автоматично зменшує борг.

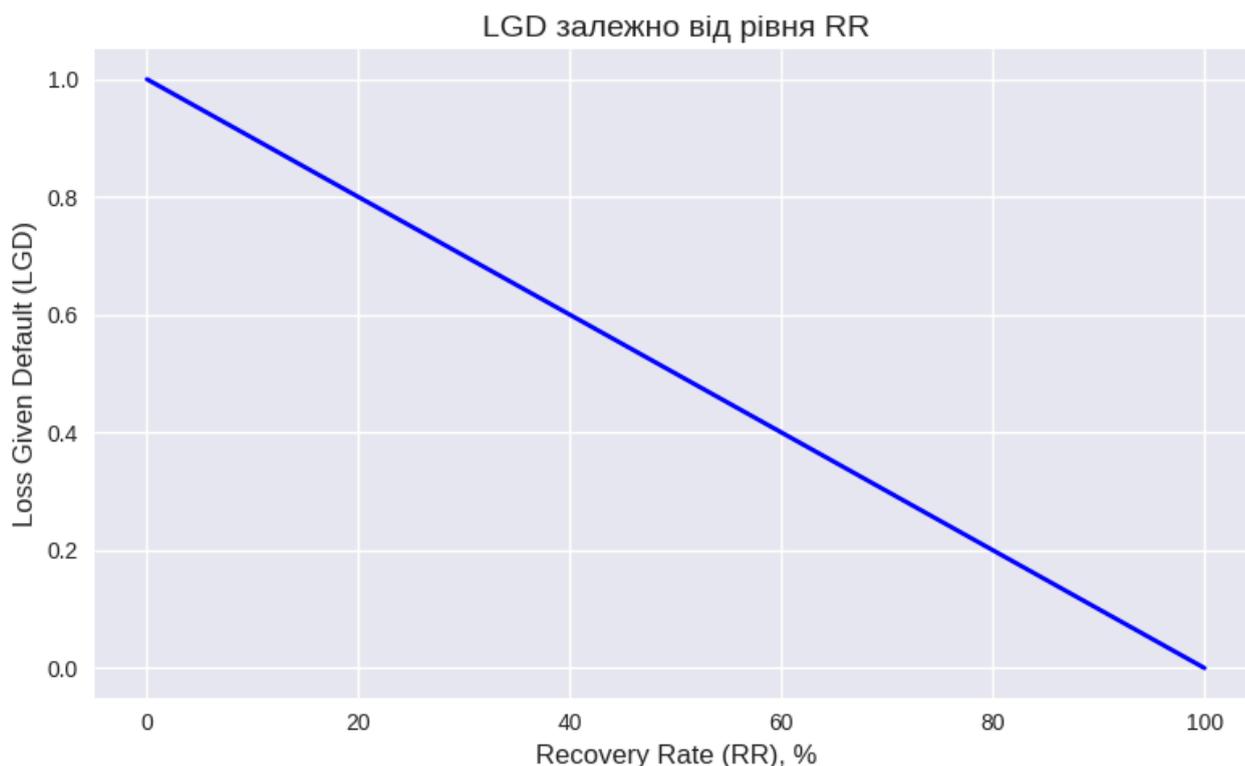


Рис. 2.5 Графік залежності LGD від рівня RR

Показник EAD є визначальним у розрахунку кредитного ризику, оскільки відображає суму, яка фактично піддається ризику на момент дефолту клієнта. Для аннуїтетних кредитів (PIL, CSF) він відповідає залишку основного боргу, тоді як для револьверних продуктів (кредитні картки, овердрафти) використовується спеціальний коригуючий коефіцієнт - CCF (Credit Conversion Factor) [17].

У револьверних продуктах клієнт може використовувати додатковий ліміт навіть перед самим дефолтом, тому регуляторні стандарти Basel застосовують коефіцієнти 0.5–0.75 для оцінки невикористаної частини ліміту. Це робить модель EAD особливо важливою для кредитних карток і овердрафтів.

EAD прогнозує найгірший сценарій - суму, яка буде під ризиком у момент, коли клієнт припинить виплачувати кредит. У випадку аннуїтетних продуктів - це залишок боргу; у випадку карток - це потенційно більша сума, ніж поточний борг (2.12).

$$EAD = Outstanding + CCF \cdot (Limit - Outstanding), \quad (2.12)$$

де Outstanding - поточний залишок заборгованості;

Limit - встановлений кредитний ліміт за продуктом (картка, овердрафт, кредитна лінія);

CCF (Credit Conversion Factor) - коефіцієнт конверсії невикористаного ліміту в ризикову експозицію.

У роздрібному кредитуванні значення CCF варіюється від 0.2 до 0.9 залежно від поведінкової історії та продукту.

Результати розрахунків LGD та EAD перетворюються на зрозумілі графічні елементи - діаграми очікуваних втрат, порівняння ризиковості продуктів і бульбашкові карти ризику. Завдяки математичним моделям цього підрозділу застосунок може автоматично формувати очікувані збитки EL, які використовуються як інтегральний показник ризику для подальшої інтерпретації.

2.3.1 Марковські моделі переходів між станами заборгованості

У сучасній практиці управління кредитним ризиком особливе місце посідають марковські моделі переходів між станами заборгованості. На відміну від суто статичних підходів, які фіксують ризик лише в один момент часу (наприклад, через PD на горизонті 12 місяців), марковські моделі дозволяють описувати динаміку кредиту в часі: як змінюється стан клієнта від «нормального обслуговування» до «прострочки», «глибокої прострочки» та, зрештою, до «дефолту» чи повного погашення.

Ключова ідея марковського підходу полягає в тому, що поведінка позичальника розглядається як стохастичний процес, де в кожний момент часу кредит перебуває в одному зі станів (наприклад, «0 днів прострочки», «1–30 днів», «31–60 днів» тощо), а між цими станами відбуваються переходи з певними ймовірностями. Такий процес називають марковським ланцюгом (Markov Chain), а матрицю ймовірностей переходу між станами - матрицею переходів (Markov Transition Matrix).

У контексті даної роботи за основу береться вже сформована система DPD-бакетів (Days Past Due), яка використовується в таблиці FinalCredit

2.3 Таблица

Шкала простроченої заборгованості

| Період прострочки | Статус |
|-------------------|--|
| Current / 0 | Відсутність прострочки |
| 1–30 | Початкова прострочка |
| 31–60 | Помірна прострочка |
| 61–90 | Середня прострочка |
| 91–120 | Глибока прострочка |
| 121–150 | Критична прострочка |
| 151–180 | Переддефолтний статус |
| 180+ | Фактичний дефолт / безнадійна заборгованість |

Для потреб моделювання кожен із цих бакетів можна розглядати як окремий стан марковського ланцюга. Тоді стан позичальника в момент часу t позначимо як S_t де, $S_t \in \{0, 1, 2, \dots, 7\}$ (залежно від обраної нумерації станів). Основне марковське припущення полягає в тому, що ймовірність переходу в новий стан залежить лише від поточного стану, а не від всієї передісторії.

Це припущення спрощує моделювання, але на практиці дає достатньо якісні результати для портфельного рівня аналізу.

Формально марковський ланцюг повністю описується матрицею ймовірностей переходу P , де кожен елемент j задає ймовірність того, що кредит, який у поточному періоді перебуває в стані i , у наступному періоді перейде в стан j :

$$P = \begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & \dots & p_{0n} \\ p_{10} & p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n0} & p_{n1} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix}, \quad \text{де} \quad \sum_{j=0}^n p_{ij} = 1 \quad \forall i.$$

Рис. 2.6 Матриця ймовірностей переходу

У нашому випадку n може дорівнювати 7 (якщо виділяти 8 станів від 0 до [180+]). Наприклад, для спрощеного випадку можна подати умовну матрицю переходів між бакетами.

Таблиця 2.4

Приклад Markov Matrix для DPD-бакетів

| From \ To | Current | 1–30 | 31–60 | 61–90 | 90+ |
|-----------|---------|------|-------|-------|------|
| Current | 0,92 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| 1–30 | 0,30 | 0,40 | 0,20 | 0,05 | 0,05 |
| 31–60 | 0,10 | 0,20 | 0,40 | 0,20 | 0,10 |
| 61–90 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,40 | 0,25 |
| 90+ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |

Така таблиця відображає:

кредит із Current у 92% випадків залишиться в тому ж стані, у 6% перейде в [1–30], у 1% → [31–60], у 1% - одразу в дефолт;

кредит із бакета [1–30] може як повернутися в Current (30%), так і увійти в глибшу прострочку з вірогідністю 20–25% тощо;

останній стан (90+ або [180+]) є абсорбуючим (default): кредит, що потрапив у цей стан, уже не повертається в «здорові» бакети (ймовірність залишитися 1,0).

Важливо, що марковські моделі дозволяють не лише оцінювати ймовірність переходу на один крок (наприклад, від місяця t до місяця $t+1$), але й будувати

прогноз на кілька періодів уперед. Якщо PPP - матриця переходів за один період, то:

- матриця переходів на два періоди - це P^2 ;
- на три періоди - P^3 ;
- на k періодів - P^k .

Таким чином, якщо вектор поточного розподілу портфеля за станами позначити як π_0 (рядок, де кожен елемент - частка кредитів у відповідному бакеті), то прогнозований розподіл через k періодів дорівнюватиме:

$$\pi_k = \pi_0 \cdot P^k. \quad (2.13)$$

З позиції управління портфелем це означає, що банк може оцінити, який відсоток кредитів через 3, 6 або 12 місяців опиниться в глибокій прострочці або дефолті, навіть якщо наразі вони переважно обслуговуються в нормальному режимі.

У межах даної роботи марковський підхід не реалізується у вигляді повноцінної динамічної моделі, оскільки вихідний масив даних сформований у вигляді статичного зрізу за конкретну дату (одна дата значення DateValue). Проте теоретичне опрацювання марковських моделей є важливим, оскільки дозволяє показати, що DPD-бакети, використані в базі даних ([1–30], [31–60], [91–120] тощо), природно інтерпретуються як стани марковського ланцюга [18].

Пояснює, як на основі історичних даних (якщо вони будуть доступні) можна побудувати матрицю переходів і надалі - використовувати її для:

- формування оцінок Lifetime PD (ймовірність дефолту на горизонті всього строку кредиту);
- розрахунку очікуваних кредитних збитків (Expected Loss) за стандартами IFRS 9;
- моделювання переходів між стадіями кредитного ризику (Stage 1, Stage 2, Stage 3);
- виявлення продуктів із найбільш нестабільною поведінкою клієнтів.

Служить підґрунтям для інтерпретації візуальних інструментів, зокрема теплових карт, які можуть будуватися у ВІ-системі для наочного відображення ймовірностей переходу між станами.

Ще однією важливою перевагою марковських моделей є їхня зручність інтеграції з іншими кількісними підходами. Наприклад, якщо для кожного стану DPD відома середня ставка за кредитом, середній розмір залишку боргу (EAD) та LGD, то можна побудувати модель очікуваного збитку в часі, де матриця переходів визначає розподіл ймовірностей перебування кредиту в різних зонах ризику на майбутніх горизонтах.

У підсумку, марковські моделі переходів між станами заборгованості відіграють роль містка між статичним аналізом ризику та динамічним прогнозуванням стану портфеля. Навіть якщо в конкретному дослідженні вони не реалізовані у повному обсязі через обмеженість даних, їхній теоретичний опис є обов'язковим елементом сучасної методології оцінювання кредитних ризиків. У подальших розділах роботи саме логіка сегментації за DPD-бакетами та інтеграція ризикових метрик (PD, LGD, EAD, EL) буде використана для побудови візуально-аналітичних інструментів, які дозволяють порівнювати кредитні продукти між собою.

Хоча марковські моделі не реалізуються в повному вигляді у даному програмному продукті, логіка DPD-бакетів використовується для оцінювання поведінкових характеристик клієнтів. Саме з позиції цієї теорії в застосунку формується показник DPDscore, який надалі впливає на PD та ICRI.

У візуальній частині застосунку поділ на стани прострочки дозволяє інтерпретувати ризик не лише як статичне значення, а як потенційну траєкторію. Це створює підґрунтя для майбутнього розширення системи, де будуть реалізовані теплові карти, матриці переходів та прогнозування ймовірних станів портфеля у часі.

2.3.2 Модель ICRI (Individual Credit Risk Index)

Модель ICRI (Individual Credit Risk Index) є інтегральним показником, який дозволяє кількісно оцінити індивідуальний рівень ризику для кожного кредитного договору. На відміну від класичних скорингових моделей, що здебільшого базуються на ймовірності дефолту (PD), ICRI поєднує у собі декілька ключових компонентів поведінкової та фінансової характеристики позичальника. Такий підхід дозволяє отримати комплексну, багатовимірну оцінку ризику, що є особливо важливим у задачах порівняння різних типів кредитних продуктів [19].

Побудова ICRI ґрунтується на ідеї, що ризик кредиту формується не одним фактором, а сукупністю параметрів, які відображають як фінансову дисципліну позичальника, так і структурні особливості продукту. В сучасних системах ризик-менеджменту інтегральні індекси використовуються для сегментації портфеля, визначення політик реагування (Collections Strategy), прогнозування ймовірних збитків та формування бізнес-рішень. Саме тому застосування індексу ICRI є логічним та методологічно виправданим кроком при розробці візуально-аналітичної методики порівняння кредитних продуктів [20].

Модель ICRI - Integrated Credit Risk Index (інтегральний індекс ризику)

$$ICRI = 0.5 \cdot \frac{PD - PD_{min}}{PD_{max} - PD_{min}} + 0.3 \cdot DPD_{score} + 0.2 \cdot \frac{Util - Util_{min}}{Util_{max} - Util_{min}}, \quad (2.14)$$

де PD - ймовірність дефолту для окремого кредиту;

PD_{min}, PD_{max} - мінімальне та максимальне значення PD у вибірці;

DPD_{score} - нормований показник прострочки;

$Util$ - рівень використання ліміту ($Utilization = Outstanding / Limit$);

$Util_{min}, Util_{max}$ - мінімальне та максимальне значення $Utilization$ у вибірці.

ICRI є універсальним індикатором і може використовуватися для:

ранжування кредитів за рівнем ризику;

побудови скорингових карт;

відслідковування змін ризикового профілю клієнта;
 визначення порогових значень для автоматичних рішень;
 оцінки ризиків різних кредитних продуктів.

Збалансовані ваги (0.5, 0.3, 0.2) забезпечують домінування PD як головного фактора, але при цьому DPDscore і Util дозволяють відобразити короткострокову поведінкову динаміку.

Таким чином ICRI стає центральним елементом візуально-аналітичної методики: він дозволяє ранжувати кредити, виділяти групи підвищеного ризику, спрощує інтерпретацію великого масиву даних і забезпечує компактний спосіб порівняння різних продуктів. Фактично, цей індекс є «містком» між математичною частиною та візуальною структурою застосунку.

2.4 Інтегральні моделі оцінювання ризику: Y-Index та Risk Rating

Для підвищення точності аналітичних оцінок та можливості системного порівняння кредитних продуктів у роботі були розроблені дві авторські моделі - Y-Index та Risk Rating. Їх створення зумовлене потребою у формальному, кількісному інструменті, який дозволяє узагальнювати результати розрахунків PD, LGD та EAD та трансформувати їх у зрозумілі та придатні для порівняння показники. Такі моделі доповнюють традиційні підходи ризик-менеджменту та забезпечують більш комплексний погляд на структуру ризику як окремого кредиту, так і портфеля в цілому.

Ця модель, Y-Index була створена з метою кількісного відображення рівня стабільності кредитного продукту шляхом поєднання двох ключових параметрів ризику - ймовірності дефолту та частки втрат у разі дефолту (2.15):

$$LGD = \frac{1}{1+Y}, \quad Y_{\%} = Y \cdot 100 \quad Y = PD \cdot LGD, \quad (2.15)$$

де Y - агрегована міра ризику дефолту з урахуванням можливих втрат;

PD - ймовірність дефолту для окремого кредиту;

LGD - частка втрат при дефолті;

$Y_{\%}$ - значення індексу стабільності, подане у відсотках.

Y-Index дозволяє оцінювати не лише частоту дефолтів, але й потенційну величину збитків, які виникають у результаті. Це робить модель корисним інструментом для:

- класифікації продуктів за рівнем ризику;
- моніторингу динаміки ризику у часі;
- визначення ризикових сегментів портфеля;
- попереднього оцінювання ефективності політики ціноутворення.

Завдяки простій інтерпретації індекс може бути використаний як аналітичний KPI, що відображає загальний рівень нестабільності кредитного продукту.

Другий авторський елемент - Risk Rating, який був розроблений для створення універсальної шкали порівняння ризикованості кредитних продуктів. Модель базується на нормуванні очікуваних збитків (EL) відносно максимального значення у вибірці:

$$Rating = 100 \cdot \frac{EL}{max(EL)}, \quad (2.16)$$

де EL - базовий ризиковий скор (очікувані збитки);

$max(EL)$ - максимальне значення скору серед усіх продуктів;

Rating - відносний рейтинг ризику продукту в діапазоні 0–100%.

Такий підхід дає можливість:

- об'єктивно порівнювати різні типи продуктів між собою;
- визначати відносну ризиковість для портфельного менеджменту;
- виявляти найбільш проблемні напрями кредитування;
- будувати рейтингові шкали, які легко інтерпретуються як аналітиками, так і управлінцями.

Risk Rating виконує функцію "індикатора ризиковості" в уніфікованій шкалі від 0 до 100%, що робить його зручним для презентацій, внутрішніх звітів та стратегічного планування.

Розроблені інтегральні моделі Y-Index та Risk Rating застосовуються для стандартизованого порівняння банківських продуктів за рівнем ризиковості. Значення цих показників обчислюються автоматично під час обробки даних та відображаються у вигляді стовпчастих діаграм, що дозволяє наочно оцінити стабільність кожного продукту та його відносний ризик.

Завдяки цим моделям користувач системи отримує можливість не лише аналізувати базові компоненти ризику (PD, LGD, EAD), але й бачити їх об'єднану інтерпретацію у вигляді інтегральних індексів. Це істотно спрощує процес оцінювання портфеля, підвищує точність інтерпретацій та дозволяє приймати рішення на основі узагальнених, але математично обґрунтованих показників.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ВІЗУАЛЬНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ

3.1. Постановка задачі та вимоги до системи

У сучасних умовах розвитку фінансових технологій банки та кредитні організації оперують великими масивами даних, які потребують швидкої та точної обробки. Традиційні методи аналізу кредитних продуктів часто передбачають значний обсяг ручних операцій: від завантаження файлів та форматування таблиць до обчислення ризикових показників та побудови графіків. Такий підхід призводить до втрати часу, ймовірності людських помилок та відсутності оперативної аналітики для прийняття управлінських рішень.

У рамках даної роботи постає задача створення інтерактивної візуально-аналітичної системи, яка:

- автоматизує обробку кредитних даних;
- забезпечує розрахунок фінансових моделей ризику (PD, LGD, EAD, EL, ICRI, Risk Rating);
- надає можливість швидкого порівняння кредитних продуктів між собою;
- мінімізує участь користувача у підготовці даних;
- інтегрується з файлами та SQL-базою даних;
- забезпечує побудову графіків у режимі реального часу.

Метою практичної реалізації є розробка застосунку, що дозволяє виконувати комплексний аналіз кредитних продуктів на основі кількісних фінансових моделей та забезпечує користувача інструментами швидкої візуальної аналітики.

Основні задачі та вимоги до системи

| Задачі | Вимоги |
|------------------------|---|
| Основні задачі системи | <p>Завантаження даних з Excel або SQL.</p> <p>Автоматична підготовка даних: очищення, нормалізація, агрегація.</p> <p>Розрахунок ризикових метрик.</p> <p>Побудова інтерактивних графіків та узагальнених індикаторів.</p> <p>Порівняння кредитних продуктів між собою.</p> |
| Функціональні вимоги | <p>Завантаження файлу або підключення до SQL у 1 клік.</p> <p>Автоматичний запуск процесу обробки та розрахунків.</p> <p>Відображення інтерактивних таблиць і графіків.</p> <p>Можливість паралельного перегляду показників різних продуктів.</p> <p>Модульність та можливість розширення моделі.</p> |
| Нефункціональні вимоги | <p>Швидкодія: обробка файлів.</p> <p>Інтерактивність: оновлення без перезавантаження сторінки.</p> <p>Масштабованість: підтримка великих датасетів та нових джерел даних.</p> <p>Мінімальна підготовка даних: автоматичне визначення структури.</p> <p>Зручність інтерфейсу для користувачів без технічних навичок.</p> |

Представлені задачі та вимоги формують основу для подальшої реалізації системи та визначають її ключові функціональні можливості. Узагальнення цих

характеристик дозволяє чітко окреслити межі розробки та забезпечити логічний перехід до опису архітектури застосунку.

Важливо зазначити, що система орієнтована не лише на технічну обробку даних, а й на підвищення ефективності прийняття рішень у кредитному аналізі. Поєднання автоматизованих розрахунків, математичних моделей ризику та засобів візуалізації створює інструмент, який дозволяє отримувати якісно новий рівень аналітики порівняно з традиційними підходами.

Таким чином, чітке визначення вимог і задач на цьому етапі є основою для побудови архітектури системи, структури даних та реалізації алгоритмів, які будуть розглянуті у наступних підрозділах.

3.2. Архітектура системи та структура даних

Основною вимогою до системи було створення модульної структури, де кожен етап обробки даних виконується окремим високорівневим компонентом. Такий підхід дозволяє легко розширювати функціонал, замінювати аналітичні моделі, додавати нові джерела даних або змінювати логіку візуалізації без необхідності переписувати систему цілком. Архітектура побудована таким чином, щоб забезпечити гнучкість, масштабованість та можливість інтеграції з різними джерелами даних - файлами (Excel) або SQL-сервером.

3.2.1 Загальна структура застосунку

Створений застосунок працює за принципом послідовного проходження даних через серію модулів. Кожен модуль виконує певне завдання - від завантаження інформації до формування фінальних графічних дашбордів. Така покроковість забезпечує передбачувану поведінку системи та дозволяє отримувати однакові результати незалежно від того, з якого джерела надходять дані.

На початковому етапі взаємодія з системою здійснюється через Frontend (HTML/CSS/JS), де користувач може завантажити файл або вибрати підключення

до SQL-серверу. Далі залежно від обраного джерела формується два можливі потоки:

- Робота з файлами - відбувається первинний парсинг і підготовка даних без участі бекенду.
- Робота з SQL-сервером - відповідні дані отримуються через Backend, який виконує запити та забезпечує передачу структурованої інформації у фронтенд.

Після того як дані потрапляють у систему, вони об'єднуються у спільному модулі, де проходять нормалізацію та очищення перед тим, як потрапити до аналітичних моделей.

Пояснення до схеми (див. рис. 3.1):

- Користувач взаємодіє лише з інтерфейсом, що забезпечує простоту використання;
- Після завантаження даних система автоматично визначає тип джерела та обирає відповідний шлях;
- Незалежно від джерела, всі дані об'єднуються у Модулі нормалізації, що гарантує однакову структуру вибірки;
- Модуль аналітичних моделей виконує розрахунок PD, LGD, EAD, EL, ICRI та допоміжних індикаторів;
- Усі результати передаються в модуль візуалізації (Chart.js), де формуються інтерактивні графіки.

Така структура дозволяє легко масштабувати систему, додавати нові моделі чи формати даних, а також забезпечує високу стабільність роботи.

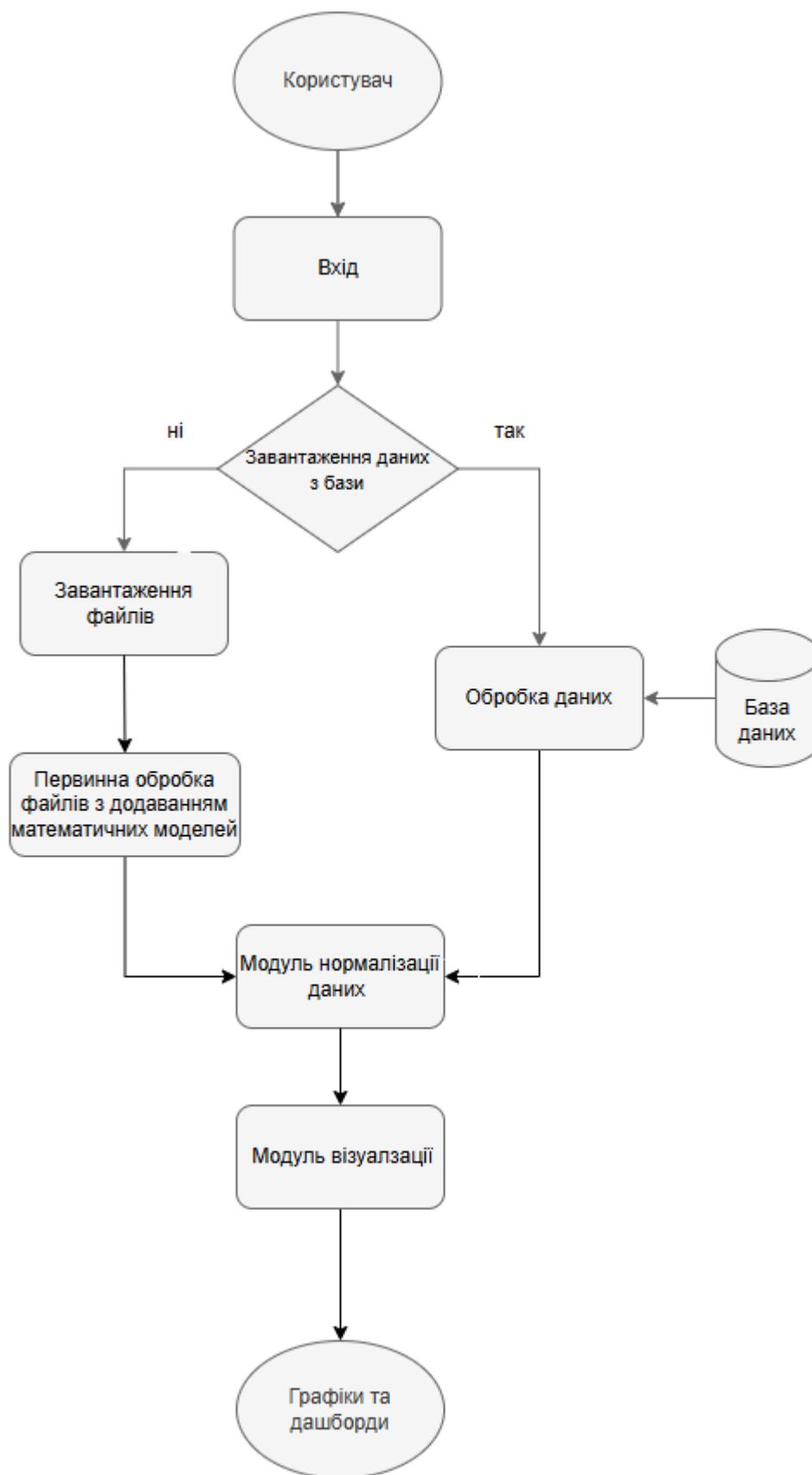


Рис. 3.1 Архітектурна схема застосунку

3.2.2 Опис основних модулів системи

Архітектура застосунку побудована за модульним принципом і включає декілька взаємопов'язаних компонентів, кожен з яких виконує окрему функціональну роль у процесі обробки, аналізу та візуалізації кредитних даних. Загальна взаємодія між модулями забезпечує послідовний перехід від джерела даних до побудови аналітичних графіків, що дозволяє користувачеві отримувати результати у режимі реального часу.

Першим рівнем архітектури є Frontend (HTML/CSS/JavaScript), який виступає безпосереднім інтерфейсом користувача. Через нього здійснюється завантаження Excel-файлів, виклик backend-запитів для підключення до SQL-сервера, а також відображення інтерактивних графіків і таблиць. Фронтенд забезпечує візуальну частину системи та підтримує автоматичне оновлення аналітики при зміні вхідних даних, що робить взаємодію зі системою швидкою та зручною.

Другий компонент - Backend (Node.js / Express) - відповідає за роботу із зовнішнім джерелом даних у вигляді SQL-бази. Він виконує SQL-запити, перевіряє структуру отриманих записів, здійснює базовий парсинг і повертає нормалізовану інформацію у фронтенд. При цьому у випадку роботи з локальними файлами backend не задіюється, що оптимізує продуктивність і знижує навантаження на сервер.

Центральну роль у системі відіграє модуль нормалізації даних, який приводить інформацію до єдиного стандартизованого формату. На цьому етапі виконується очищення пропущених або некоректних значень, узгодження числових типів, формування єдиного формату записів та агрегування значень за DealID. Саме нормалізація створює передумову для коректного обчислення математичних моделей, оскільки аналітичні методи працюють лише з однорідними та структурованими даними.

Наступним етапом є модуль аналітичних моделей, у якому виконуються математичні обчислення ризикових показників. Тут розраховуються ключові фінансові метрики: PD (Probability of Default), LGD (Loss Given Default), EAD

(Exposure at Default), EL (Expected Loss), ICRI (Integrated Credit Risk Index), а також розроблені у рамках проекту показники Y-Index та Risk Rating. Модуль має незалежну від джерела реалізацію, що дозволяє легко додавати нові моделі або адаптувати існуючі під інші дані.

Фінальним елементом є модуль візуалізації (Chart.js), який перетворює результати аналізу на графіки та дашборди. Система підтримує побудову гістограм розподілу кредитних продуктів, середніх показників, heat-map графіків ризику, комбінованих трендових діаграм та інших інструментів аналітики. Інтерактивність Chart.js дає змогу оновлювати графіки без перезавантаження сторінки, що дозволяє користувачу оперативно оцінювати зміни у даних.

У поєднанні ці модулі формують цілісну архітектуру, яка забезпечує плавний потік даних - від завантаження до фінальної аналітики - та створює ефективне середовище для дослідження кредитних ризиків.

3.2.3 Структура бази даних системи

Одним із ключових елементів будь-якої інформаційної системи є база даних, оскільки саме вона забезпечує зберігання, впорядкування та швидкий доступ до інформації. У межах даного проекту для організації даних було використано Microsoft SQL Server - сучасну реляційну систему керування базами даних, що підтримує широкий спектр інструментів для роботи зі структурованими даними.

Реляційна модель, на якій базується SQL Server, передбачає поділ інформації на таблиці, кожна з яких містить набори полів (колонок) та окремих записів (рядків). Така форма організації дозволяє описувати складні об'єкти реального світу, формувати між ними зв'язки та забезпечувати цілісність даних. Одним із найважливіших механізмів у реляційній моделі є первинні (PRIMARY KEY) та зовнішні ключі (FOREIGN KEY), які дозволяють пов'язувати таблиці між собою та уникати дублювання інформації.

SQL Server також підтримує низку додаткових інструментів, які підвищують ефективність роботи з даними.

Зокрема, індекси використовуються для прискорення пошуку та фільтрації

записів, а обмеження (constraints) забезпечують коректність і логічну узгодженість даних під час їх додавання або оновлення.

Для виконання складних операцій SQL Server дозволяє створювати процедури та функції.

Процедури застосовуються для реалізації послідовностей команд, які можна виконувати багаторазово, наприклад формування вибірок або оновлення записів.

Функції, навпаки, повертають певне значення та часто використовуються в аналітичних запитах або під час попередньої обробки даних.

Разом ці інструменти дозволяють реалізувати логіку на стороні СУБД, зменшуючи навантаження на застосунок.

Ще одним важливим аспектом є використання мови SQL (Structured Query Language), яка забезпечує виконання операцій над даними: вибірку, вставку, оновлення, видалення та об'єднання таблиць. Саме SQL забезпечує адаптивність та універсальність роботи з інформацією, дозволяючи формувати аналітичні звіти та готувати дані для обчислення моделей кредитного ризику.

У структурі бази даних використано п'ять ключових таблиць:

ProductTable, Customer, CreditDeals, CreditValues та FinalCredit, які пов'язані між собою за допомогою відношень типу «один-до-багатьох». Такий підхід дозволяє відобразити як статичну інформацію (тип продукту, клієнт), так і динамічні зміни (історія значень DPD, ліміту та залишків кредиту).

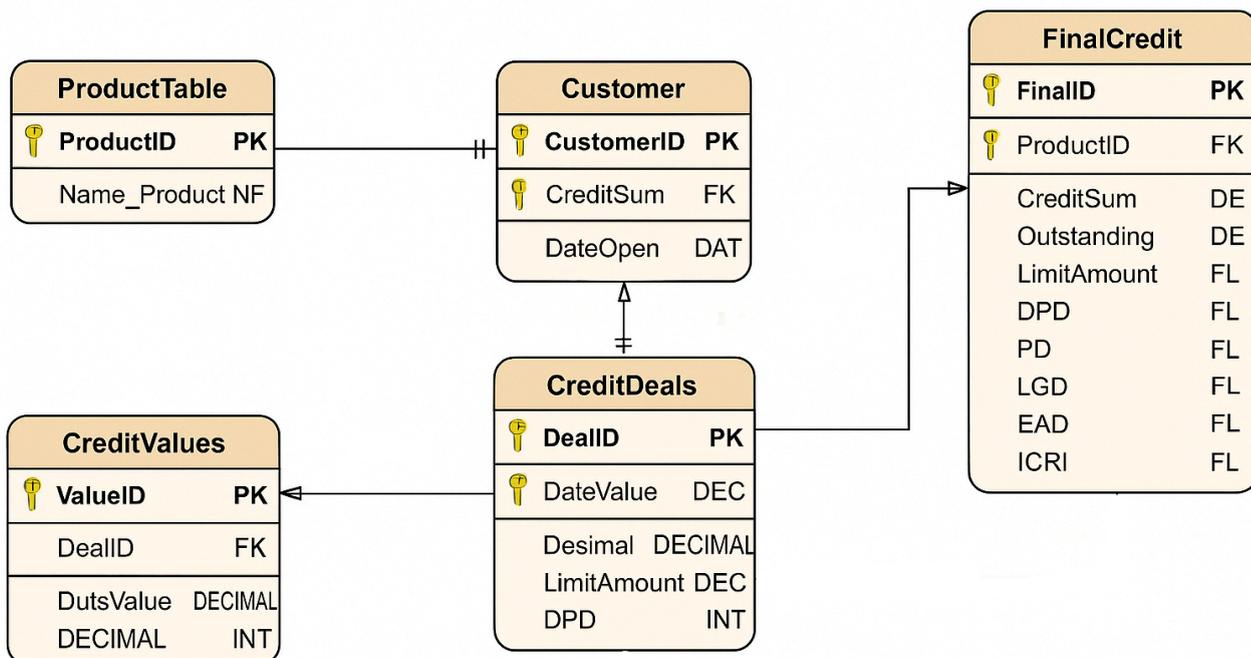


Рис. 3.2. Структури бази даних

Пояснення структури таблиць та їхнього призначення:

- **ProductTable**: Містить перелік кредитних продуктів, що доступні для аналізу (PIL, CC, CSF, Debit, PIL_Restruct). Це довідникова таблиця, яка використовується для класифікації кредитних договорів та їхнього групування під час формування аналітичних звітів;
- **Customer**: Таблиця клієнтів містить основні атрибути, зокрема загальну суму кредитування та дату відкриття кредитної лінії. Зв'язок із **CreditDeals** дозволяє відстежувати всі договори конкретного клієнта та формувати індивідуальні профілі поведінки;
- **CreditDeals**: Відображає конкретні кредитні договори, укладені клієнтом. Містить такі ключові параметри, як дата створення, ліміт, початкові умови та поточні значення DPD. Ця таблиця є центральною у структурі, оскільки об'єднує інформацію про клієнта, продукт і змінні дані з **CreditValues**;

- CreditValues: Містить детальні значення змінних показників, що змінюються в часі: DPD (дні прострочення), залишок заборгованості (Outstanding), ліміти та їхні зміни;
- FinalCredit: Є агрегованою таблицею, у якій зберігаються результати роботи математичних моделей: PD, LGD, EAD, EL, ICRI та інші похідні метрики. Ця таблиця створює проміжний шар між базою даних і модулем візуалізації, дозволяючи швидко формувати графіки без повторних обчислень.

Аналітичне значення структури бази даних полягає в тому, що її побудова забезпечує оптимальні умови для виконання кількісного та ризик-орієнтованого аналізу кредитних продуктів. Завдяки розподілу даних на статичні й динамічні система може формувати вибірки для розрахунку таких фінансових моделей, як PD, LGD, EAD, EL та ICRI, без зайвих затримок. Наприклад, показник PD базується на поведінці клієнта, що відображена через значення прострочення (DPD), тоді як EAD визначається на основі лімітів і залишків, які зберігаються у спеціалізованій таблиці змінних параметрів CreditValues.

| ID | FirstName | LastName | DateOpen | DateValue | CreditSum | Outstanding | DPD | Bucket | Product | Utilization | DPD_score | PD | EAD | LGD | EL | ICRI |
|------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|------|-----------|--------------|-------------|-----------|----------|---------|------|---------|----------|
| 319 | Ганна | Кравченко | 2025-10-17 | 2025-11-23 | 18324.65 | 10097.74 | 37 | [31-60] | PIL_Restruct | 0,551047 | 0,3 | 0,99016 | 10097,7 | 0,8 | 7998,7 | 0,510123 |
| 2436 | Марія | Ткаченко | 2025-06-11 | 2025-11-23 | 2805.95 | 11819.03 | 165 | [151-180] | PIL_Restruct | 4,21213 | 1 | 0,999994 | 11819 | 0,8 | 9455,17 | 0,808804 |
| 593 | Ірина | Черненко | 2025-10-17 | 2025-11-23 | 41466.02 | 462.13 | 37 | [31-60] | Debit | 0,0111448 | 0,3 | 0,980921 | 25064,5 | 0,6 | 14751,8 | 0,43291 |
| 1709 | Ірина | Черненко | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 23001.09 | 6754.10 | 95 | [91-120] | CC | 0,293643 | 0,8 | 0,993037 | 18939,3 | 0,65 | 12224,9 | 0,683279 |
| 2109 | Ірина | Черненко | 2025-06-11 | 2025-11-23 | 47499.73 | 3621.70 | 165 | [151-180] | PIL_Restruct | 0,0762466 | 1 | 0,994448 | 3621,7 | 0,8 | 2881,27 | 0,754436 |
| 1437 | Катерина | Дяченко | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 44940.92 | 127.96 | 95 | [91-120] | PIL | 0,00284725 | 0,8 | 0,991107 | 127,96 | 0,2 | 25,3644 | 0,666769 |
| 1558 | Катерина | Дяченко | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 45690.10 | 6726.51 | 95 | [91-120] | CC | 0,14722 | 0,8 | 0,993377 | 35949,2 | 0,65 | 23212,2 | 0,685766 |
| 1032 | Іван | Дяченко | 2025-09-15 | 2025-11-23 | 4807.98 | 11418.09 | 69 | [61-90] | CSF | 2,37482 | 0,6 | 0,999678 | 10096,1 | 0,7 | 7064,97 | 0,682335 |
| 57 | Ганна | Романенко | 2025-11-21 | 2025-11-23 | 7629.72 | 6521.60 | 2 | [1-30] | Debit | 0,854763 | 0,1 | 0,988802 | 7186,47 | 0,6 | 4263,6 | 0,439578 |
| 1631 | Ганна | Романенко | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 20362.15 | 3000.38 | 95 | [91-120] | Debit | 0,147351 | 0,8 | 0,990114 | 13417,4 | 0,6 | 7970,88 | 0,658898 |
| 1268 | Ганна | Романенко | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 1082.18 | 17419.00 | 95 | [91-120] | PIL_Restruct | 16,0963 | 0,8 | 1 | 17419 | 0,8 | 13935,2 | 0,773843 |
| 2708 | Ганна | Романенко | 2019-06-14 | 2025-11-23 | 43621.42 | 25765.17 | 2354 | [180+] | PIL | 0,590654 | 1 | 0,997922 | 25765,2 | 0,2 | 5142,33 | 0,784125 |
| 2744 | Юрій | Дяченко | 2023-07-17 | 2025-11-23 | 12453.70 | 308.03 | 860 | [180+] | Debit | 0,0247339 | 1 | 0,988058 | 7595,43 | 0,6 | 4502,83 | 0,701706 |
| 2897 | Юрій | Дяченко | 2019-02-12 | 2025-11-23 | 35432.84 | 42929.36 | 2476 | [180+] | CC | 1,21157 | 1 | 0,999333 | 37307 | 0,65 | 24233,4 | 0,79705 |
| 1236 | Юрій | Дяченко | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 9660.76 | 19786.00 | 95 | [91-120] | PIL_Restruct | 2,04808 | 0,8 | 0,999676 | 19786 | 0,8 | 15823,7 | 0,741635 |
| 2119 | Юрій | Дяченко | 2025-06-11 | 2025-11-23 | 34927.96 | 14134.93 | 165 | [151-180] | CC | 0,404688 | 1 | 0,996636 | 29729,7 | 0,65 | 19259,3 | 0,773142 |

Рис. 3.3 Таблиця FinalCredit з наповненими даними

FinalCredit містить попередньо обчислені ризикові показники, що дозволяє фронтенду отримувати готові результати без потреби повторної обробки. Це суттєво підвищує швидкодію системи та забезпечує плавну роботу модулів візуалізації.

Окрім цього, модель залишається гнучкою та придатною до масштабування. За необхідності до неї можна додати нові типи кредитних продуктів, додаткові метрики або історичні дані без суттєвої перебудови архітектури. Такий підхід відкриває можливість подальшого розширення системи відповідно до потреб користувача або вимог банківської аналітики.

Важливою перевагою такої моделі є мінімізація дублювання даних. Нормалізація дозволяє зберігати кожен ключовий об'єкт - клієнта, продукт або кредитний договір - в єдиному екземплярі. Усі зміни та динамічні значення виносяться у зв'язані таблиці, що забезпечує цілісність інформації та зменшує ризик накопичення суперечливих або застарілих даних.

Ще однією сильною стороною структури є зменшення кількості складних JOIN-операцій під час формування аналітичних звітів. Вона підтримує швидке формування ризикових показників, дозволяє виконувати динамічний аналіз поведінки клієнтів і забезпечує пряму інтеграцію з інструментами візуалізації, що робить систему практично орієнтованою та придатною для реальних сценаріїв кредитного аналізу.

3.3. Практична реалізація системи аналізу кредитних продуктів

Створена програмна система являє собою інтерактивний застосунок для аналітичної обробки кредитних продуктів та оцінювання їх ризикових характеристик. У цьому підрозділі подано опис внутрішньої організації застосунку, принципів роботи його основних компонентів та загальної логіки функціонування. Така деталізація є необхідною для розуміння того, як саме реалізовано процеси завантаження, обробки та аналізу даних, а також яким чином забезпечується побудова інтерактивних графіків і виконання математичних розрахунків у режимі реального часу.

Завдяки модульному підходу система залишається гнучкою, розширюваною та простою у підтримці. Кожен елемент архітектури виконує чітко визначені

функції, що дозволяє незалежно вдосконалювати підсистеми - від механізмів отримання даних до аналітичних моделей та засобів візуалізації.

3.3.1 Загальна структура проєкту

Розроблений застосунок побудований на основі класичної клієнт–серверної архітектури, у якій обробка даних, математичні розрахунки та візуалізація розподілені між двома основними частинами - frontend (браузер користувача) та backend (Node.js сервер). Такий підхід дозволяє забезпечити швидкодію, масштабованість та легкість інтеграції з різними джерелами даних.

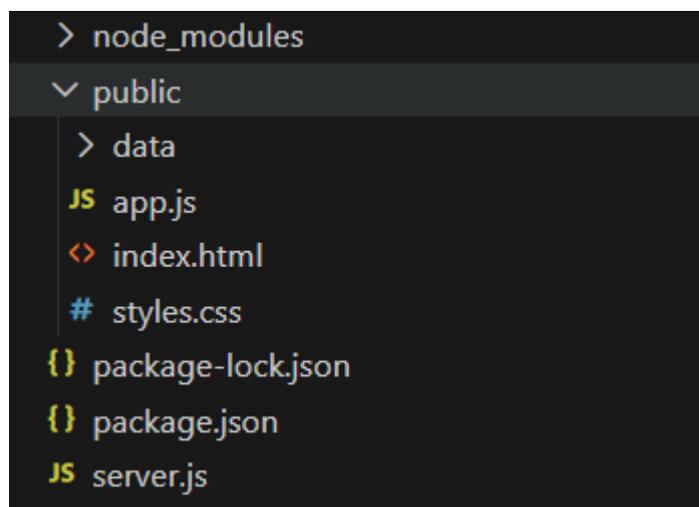


Рис. 3.4 Структура програмного проєкту

public/ - статичні ресурси

index.html - головна веб-сторінка

styles.css - стилізація інтерфейсу

app.js - логіка аналітики та побудови графіків

data/ - вхідні дані у форматі JSON

server.js - серверна частина на Express.js, що забезпечує роботу з SQL Server;

package.json - конфігурація проєкту з переліком залежностей;

.env - конфігураційний файл для зберігання параметрів підключення до SQL;

node_modules/ - встановлені бібліотеки.

Frontend-частина включає HTML-сторінки, стилі, JavaScript-модулі та бібліотеку Chart.js, яка забезпечує побудову динамічних графіків. Backend містить серверний код на Node.js з використанням Express - саме він забезпечує взаємодію з SQL-базою даних та передає оброблені записи у браузер.

Такий поділ дозволяє чітко розмежувати функціональні обов'язки системи. Frontend відповідає за інтерфейс, взаємодію з користувачем, завантаження файлів та візуальну аналітику, тоді як backend - за доступ до бази даних, формування вибірок та повернення структурованої інформації у вигляді JSON-відповідей.

Завдяки цьому компоненти залишаються незалежними: логіка відображення не змішується з логікою доступу до даних, що забезпечує зрозумілість структури та можливість подальшого розширення системи як у напрямку нових моделей ризику, так і у напрямку інтеграції з реальними банківськими системами.

3.3.2 Структура та організація даних

Для коректної роботи аналітичної системи важливо забезпечити стабільний обмін даними між застосунком та базою даних. На цьому етапі формується серверна логіка, яка відповідає за підключення до Microsoft SQL Server, отримання структурованих наборів даних та передачу їх у клієнтську частину для подальшої побудови графіків. Архітектура сервера зосереджена на простоті, зрозумілості та розширюваності, що дозволяє легко масштабувати систему або інтегрувати нові джерела даних.

Важливим кроком є ініціалізація середовища та підключення необхідних модулів. Для цього система використовує dotenv (керування конфіденційними параметрами), express (формування HTTP-сервера), mssql/msnodesqlv8 (взаємодія з SQL Server), cors (доступ до API з браузера) таmorgan - модуль логування. Саме логування дозволяє контролювати всі вхідні запити, спрощуючи діагностику та відстеження помилок під час розробки.

```

require("dotenv").config();
const express = require("express");
const sql = require("mssql/msnodesqlv8");
const cors = require("cors");
const morgan = require("morgan");

const app = express();

app.use(cors());
app.use(express.json());
app.use(morgan("dev"));

```

Рис. 3.5 Фрагмент ініціалізація основних модулів та налаштування середовища

```

14 > const config = { ...
20   };
21
22 > app.get("/api/final", async (req, res, next) => { ...
30   });
31
32 > app.get("/api/products", async (req, res, next) => { ...
40   });
41
42 > app.get("/api/customers", async (req, res, next) => { ...
50   });
51
52 > app.get("/api/deals", async (req, res, next) => { ...
60   });
61
62 > app.use((err, req, res, next) => { ...
68   });
69
70   const PORT = process.env.PORT || 3000;
71 > app.listen(PORT, () => { ...
73   });
74

```

Рис. 3.6 Фрагмент API-ендпоїнти та конфігурація SQL-підключення

Цей фрагмент коду демонструє конфігурацію підключення до бази даних та створення API-маршрутів. Кожен маршрут (/api/final, /api/products, /api/customers, /api/deals) виконує SQL-запит і повертає дані у структурованому форматі JSON. Це дозволяє клієнтській частині отримувати актуальні дані з таблиць FinalCredit, ProductTable, Customer та CreditDeals - саме ті набори, що використовуються для побудови ризикових показників та графічної аналітики.

Усі запити виконуються асинхронно, що гарантує стабільність роботи навіть при великих обсягах даних. Завершальним елементом конфігурації є запуск сервера на вказаному порту та модуль обробки помилок, який фіксує неочікувані ситуації під час обробки запитів.

Однією з ключових функцій створеного застосунку є підтримка завантаження даних у форматах Excel або CSV, що дозволяє працювати як зі штучно згенерованими вибірками, так і з реальними кредитними портфелями банків. Така можливість суттєво розширює сферу використання системи, робить її універсальною та дозволяє адаптувати під різні набори вхідних даних без додаткового програмування.

Таблиця 3.2

Приклад структури файлу

| ID | FirstName | LastName | INN | DateOpen | DateValue | CreditSum | TotalValue | Product |
|----|-----------|----------|------------|------------|------------|-----------|------------|---------|
| 55 | Тарас | Шаповал | 3124509822 | 2025-10-17 | 2025-11-23 | 28790.76 | 38099.06 | PIL |
| 56 | Іван | Паненко | 3017724561 | 2025-07-03 | 2025-11-23 | 43021.20 | 5814.40 | CSF |
| 57 | Павло | Лисенко | 2981145076 | 2025-08-20 | 2025-11-23 | 23720.49 | 3127.68 | PIL |
| 58 | Юрій | Білик | 3148892034 | 2025-10-17 | 2025-11-23 | 40061.51 | 36160.71 | Debit |
| 59 | Юрій | Білик | 3148892034 | 2018-07-19 | 2025-11-23 | 28290.68 | 24227.39 | CSF |
| 60 | Наталія | Петренко | 2879046611 | 2025-07-03 | 2025-11-23 | 31507.64 | 8421.43 | CSF |

В даній таблиці наведено приклад структури Excel-файлу, яку система коректно сприймає та обробляє. Для коректної побудови математичних моделей необхідні щонайменше такі поля:

- ID - унікальний номер кредиту;
- FirstName - ім'я клієнта;
- LastName - прізвище клієнта;

- INN - ідентифікаційний номер;
- DateOpen - дата відкриття кредиту;
- DateValue - дата спостереження;
- CreditSum - сума кредиту;
- TotalValue - загальна заборгованість;
- Product - тип кредитного продукту.

Система автоматично зчитує вхідний файл, нормалізує дані та перетворює їх у формат, необхідний для подальших аналітичних розрахунків. Це робить застосунок гнучким: користувач може завантажувати будь-які оновлені або додаткові дані без потреби змінювати кодову базу (див. рис. 3.7).

У процесі перетворення завантажених користувачем даних система обчислює низку базових ризикових показників, необхідних для подальшого аналізу кредитного портфеля за допомогою кількісних моделей, що використовуються у роботі.

Для системи важливо забезпечити коректне оновлення всіх графіків при кожному новому завантаженні даних - як із Excel-файлу, так і із SQL-бази. Бібліотека Chart.js не підтримує автоматичне «перемальовування» графіків поверх існуючих, що може призводити до накладання елементів, помилок відображення та некоректних значень.

```

28 document.getElementById("fileInput").addEventListener("change", handleExcel);
29
30 function handleExcel(event) {
31     const file = event.target.files[0];
32     if (!file) return;
33
34     const reader = new FileReader();
35
36     reader.onload = e => {
37         const data = new Uint8Array(e.target.result);
38         const wb = XLSX.read(data, { type: "array" });
39         const sheet = wb.Sheets[wb.SheetNames[0]];
40         const rows = XLSX.utils.sheet_to_json(sheet);
41
42         // Моделюємо мат. показники
43         const normalized = rows.map(r => {
44             const PD = 0.05 + Math.random() * 0.2;
45             const LGD = 0.3 + Math.random() * 0.4;
46             const EAD = Number(r.CreditSum || 0);
47             const EL = PD * LGD * EAD;
48             const ICRI = Math.min(1, Math.max(0, 0.2 + PD * 0.4 + LGD * 0.2));
49
50             return {
51                 Product: r.Product,
52                 CreditSum: EAD,
53                 DateOpen: r.DateOpen,
54                 PD,
55                 LGD,
56                 EAD,
57                 EL,
58                 ICRI
59             };
60         });
61
62         currentData = normalized;
63         rebuildCharts();
64     };
65
66     reader.readAsArrayBuffer(file);
67 }
68

```

Рис. 3.7 Фрагмент коду для обробки файлів та обчислення математичних моделей

```

68  ▾ function rebuildCharts() {
69  ▾     document.querySelectorAll("canvas").forEach(c => {
70         const clone = c.cloneNode(true);
71         c.parentNode.replaceChild(clone, c);
72     });
73
74     buildCharts(currentData);
75 }
76

```

Рис. 3.8 Фрагмент реалізація оновлення графіків після зміни джерела даних

Щоб уникнути цього, реалізовано механізм повного перезавантаження графічних компонентів, який передбачає заміну кожного canvas-елемента на його клон. Таким чином, усі попередні екземпляри графіків повністю видаляються, а нові створюються на «чистому» полотні.

Перед обробкою даних у системі здійснюється базова валідація та нормалізація завантажених записів. Такий підхід дозволяє уникнути помилок при розрахунку математичних моделей та забезпечує єдиний формат даних для подальшої візуалізації.

На етапі валідації система перевіряє коректність ключових полів (CreditSum, DateOpen, DateValue, Product), відповідність типів даних та логічну послідовність дат. Після цього виконується нормалізація, яка приводить значення до єдиного формату: очищення текстових полів, перетворення числових значень, перетворення дат та формування стандартизованої структури об'єкта (див. рис.3.9).

```
function normalizeRow(r) {
  return {
    FirstName: String(r.FirstName || "").trim(),
    LastName: String(r.LastName || "").trim(),
    INN: String(r.INN || "").trim(),
    CreditSum: Number(r.CreditSum) || 0,
    DateOpen: new Date(r.DateOpen),
    DateValue: new Date(r.DateValue),
    Product: String(r.Product || "").trim().toUpperCase()
  };
}

function validateRow(r) {
  const errors = [];

  if (!r.Product) errors.push("Product is missing");
  if (r.CreditSum <= 0) errors.push("CreditSum must be > 0");
  if (isNaN(Date.parse(r.DateOpen))) errors.push("Invalid DateOpen");
  if (Date.parse(r.DateOpen) > Date.parse(r.DateValue)) errors.push("DateOpen > DateValue");

  return errors;
}

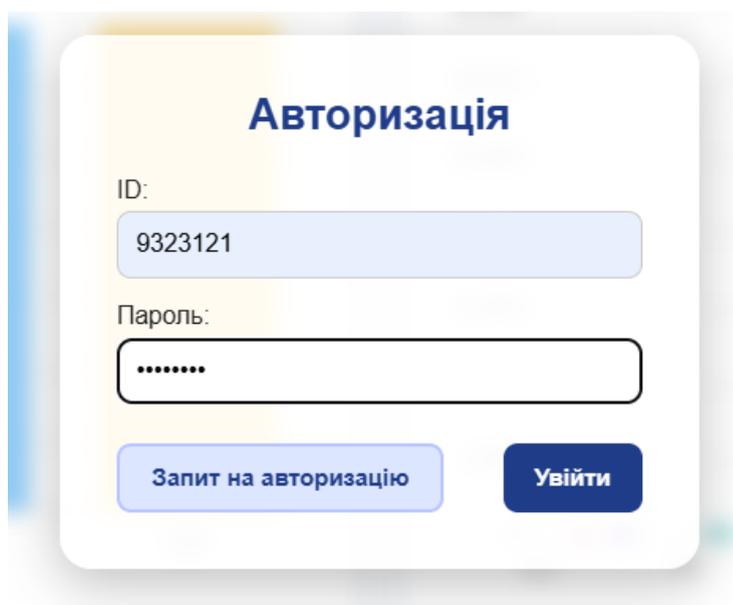
document.getElementById("fileInput").addEventListener("change", handleExcel);
```

Рис. 3.9 Фрагмент нормалізації та валідації даних

Модуль валідації та нормалізації виступає важливим елементом даної аналітичної платформи, забезпечуючи цілісність даних, узгодженість результатів та стабільність роботи візуально-аналітичних компонентів застосунку.

3.4. Реалізація архітектури та системи візуалізації даних

Під час першого запуску користувач потрапляє на стартове вікно, де представлена форма авторизації (рис. 3.10). На цьому етапі система запитує у користувача ідентифікатор та пароль, що забезпечує базовий контроль доступу та розмежування прав користування.



The image shows a login form titled "Авторизація" (Authorization). It features two input fields: "ID:" with the value "9323121" and "Пароль:" (Password) which is masked with dots. Below the fields are two buttons: "Запит на авторизацію" (Request authorization) and "Увійти" (Login).

Рис. 3.10 Основне вікно авторизації

Після введення даних та успішної аутентифікації система автоматично переходить до наступного етапу - вибору джерела даних (див. рис. 3.11).

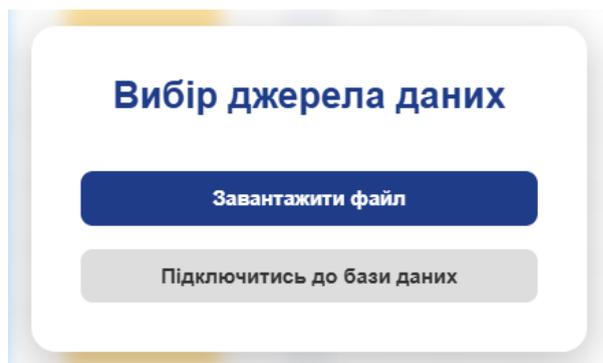


Рис. 3.11 Вибір джерела даних

На цьому екрані користувачу пропонується два способи завантаження даних: завантаження файлу, що дозволяє працювати з локальними наборами даних та підключення до бази даних.

Таким чином реалізується універсальність системи - її можна адаптувати як для тестових сценаріїв, так і для використання в реальних умовах банківської аналітики.

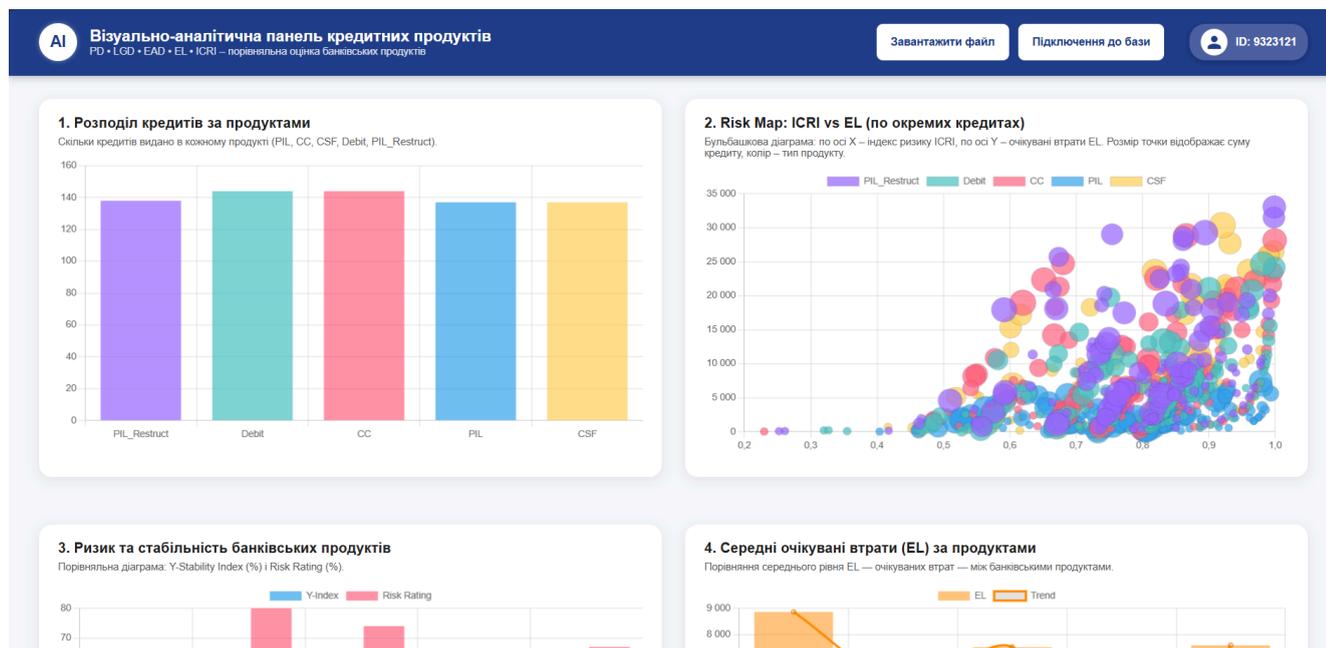


Рис. 3.12 Головний дашборд

Після вибору джерела даних користувач переходить на головну сторінку системи, де автоматично формується візуально-аналітична панель (див. рис. 3.12). На цьому екрані зібрані всі ключові графіки та показники, що генеруються на

основі завантажених даних та виконаних математичних моделей. Панель є інтерактивною та оновлюється при кожному новому завантаженні файлу або зверненні до бази даних.

У верхній частині сторінки розміщені основні навігаційні елементи - кнопка завантаження файлу, кнопка підключення до бази даних та інформаційний блок з ідентифікатором користувача. Нижче відображається блок із графіками, які формуються автоматично. Система розраховує PD, LGD, EAD, EL, ICRI, Y-Index та Risk Rating, після чого будує серію діаграм для аналітичного порівняння кредитних продуктів.

До панелі входять такі основні графіки:

- Розподіл кредитів за продуктами;
- Ризикова карта (ICRI vs EL);
- Порівняння стабільності та ризиковості (Y-Index і Risk Rating);
- Середні очікувані втрати (EL);
- Тренд середнього PD між продуктами;
- Розподіл суми кредиту за продуктами;
- Середній рівень ризику між продуктами;
- Середня сума кредиту за продуктами.

Ці графіки формуються автоматично на основі очищених і нормалізованих даних, завдяки чому користувач одразу отримує структуроване уявлення про ризиковий профіль кредитного портфеля та відмінності між продуктами.

Таким чином, основний екран виконує роль інтерактивного дашборду, який поєднує результати математичних розрахунків із візуальною аналітикою, забезпечуючи швидкий та наочний доступ до ключових показників кредитного ризику.

1. Розподіл кредитів за продуктами

Скільки кредитів видано в кожному продукті (PIL, CC, CSF, Debit, PIL_Restruct).

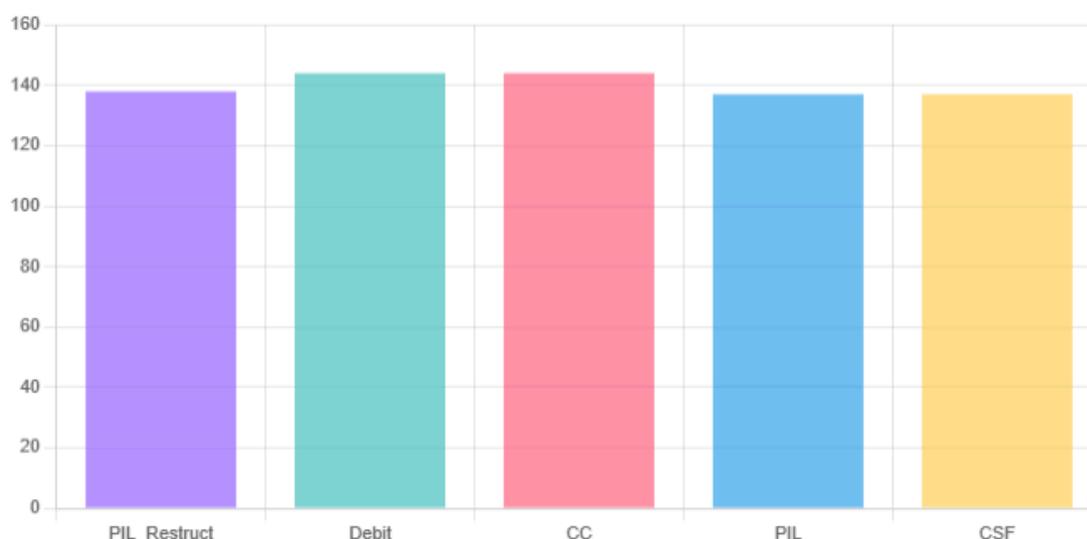


Рис. 3.13 Діаграма розподілу кредитів за продуктами

На графіку (див) зображено кількість кредитів, виданих у межах кожного типу банківського продукту. Візуалізація дозволяє побачити структуру портфеля та зрозуміти, який продукт має найбільшу вагу в загальній кількості виданих кредитів. Це важливо тому, що саме концентрація кредитів у певному продукті безпосередньо впливає на ризиковість портфеля. Якщо один продукт суттєво домінує, банк отримує підвищену вразливість у випадку погіршення його показників.

Графік допомагає зрозуміти, чи рівномірно розподілені кредити між продуктами, чи є перегини та чи потрібно коригувати політику видачі кредитів, щоб уникати надмірної залежності від одного сегмента. Наприклад, якщо продукт PIL або CC має найбільшу кількість кредитів, то це означає, що будь-яке зростання рівня дефолтів саме в цьому продукті найбільш сильно вдарить по банку. Таким чином, графік дозволяє не лише оцінити поточний стан портфеля, а й краще планувати стратегію мінімізації ризиків, розподіляючи навантаження між різними продуктами.

2. Risk Map: ICRI vs EL (по окремих кредитах)

Бульбашкова діаграма: по осі X – індекс ризику ICRI, по осі Y – очікувані втрати EL. Розмір точки відображає суму кредиту, колір – тип продукту.

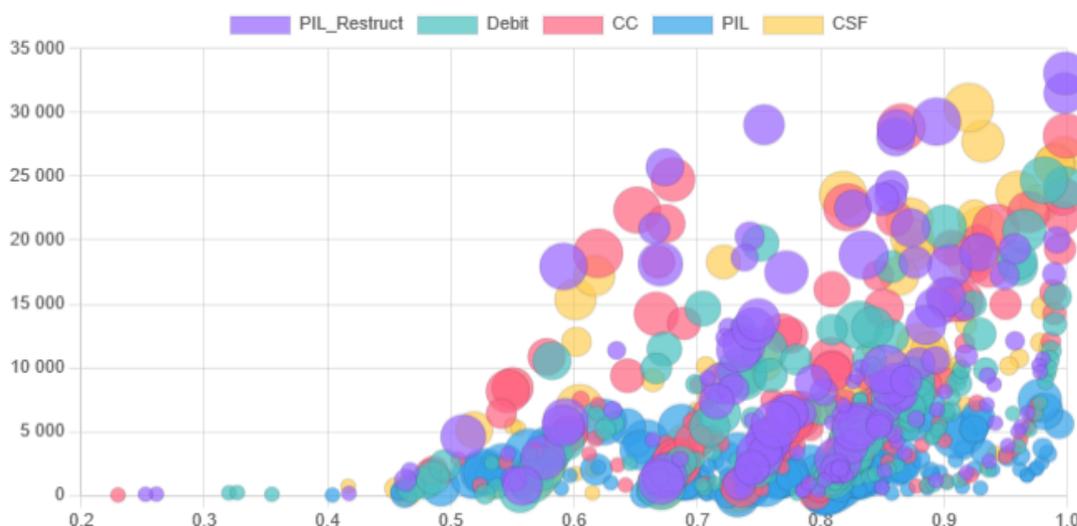


Рис.3.14 Бульбашкова діаграма: Risk Map: ICRI vs EL

Ця діаграма є однією з ключових у системі, оскільки поєднує два важливих ризикових показники: індекс ризику кредиту ICRI та очікувані втрати EL. Кожна точка на графіку представляє один кредит, її положення показує, наскільки ризиковим є цей кредит, а колір та розмір вказують на продукт та суму кредиту. Візуалізація дозволяє оцінити багатовимірну інформацію в рамках однієї діаграми, що робить її інструментом для виявлення проблемних кредитів.

Якщо точка знаходиться високо на осі Y, це означає, що кредит має високі очікувані втрати, а якщо вона зміщена вправо - рівень ризику за цим кредитом є підвищеним. Такі кредити формують найбільшу загрозу для портфеля, і завдяки цьому графіку їх легко виявити. Також можна побачити кластери кредитів - групи, де ризики та втрати концентруються. Це дозволяє визначити, наприклад, що у певних продуктах найбільш проблемними є кредити великого розміру або кредити з низькою стабільністю позичальника.

Графік дає змогу приймати практичні рішення: розуміти, які кредити потребують реструктуризації, додаткового моніторингу, гарантійного забезпечення або зміни кредитної політики. Це справжня «мапа ризику», за

допомогою якої можна прогнозувати можливі збитки та обирати правильні дії для їх мінімізації.

3. Ризик та стабільність банківських продуктів

Порівняльна діаграма: Y-Stability Index (%) і Risk Rating (%).

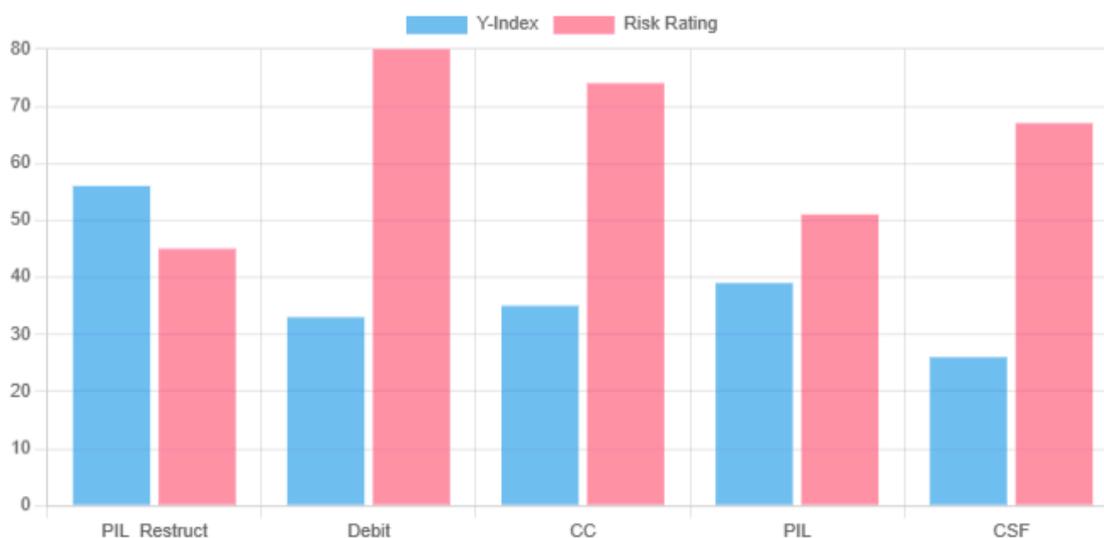


Рис. 3.15 Порівняльна діаграма стабільності банківських продуктів

Цей графік порівнює два важливі метрики між продуктами: Y-Stability Index, який показує стабільність поведінки позичальників, та Risk Rating - інтегральний показник загального ризику продукту. Завдяки цьому можна оцінити не лише розмір ризику, але й сталість клієнтської бази кожного продукту.

Якщо продукт має високий Risk Rating і одночасно низький Y-Stability Index, це означає, що позичальники нестабільні, а рівень ризику - високий. Це сигнал про необхідність зміни умов кредитування саме в цьому продукті або посилення критеріїв оцінки позичальників. У той же час продукт може мати низький ризик і досить високу стабільність, що робить його найбільш безпечним для банку, навіть якщо кількість виданих кредитів у ньому невелика.

Графік дозволяє швидко порівняти продукти між собою та зрозуміти, який із них приносить найбільшу ризикову навантаження. Це корисно для прийняття управлінських рішень щодо корекції портфеля, оптимізації лімітів та зміни політики видачі кредитів.

4. Середні очікувані втрати (EL) за продуктами

Порівняння середнього рівня EL — очікуваних втрат — між банківськими продуктами.

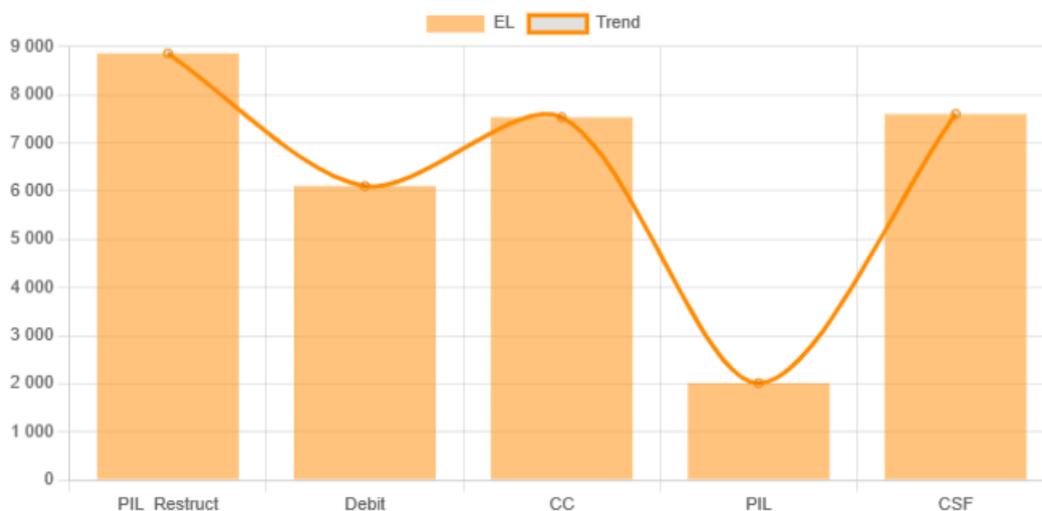


Рис. 3.16 Порівняльна середніх витрат

На цьому графіку представлені середні значення EL для кожного кредитного продукту, а також трендова лінія, що демонструє загальну динаміку. Очікувані втрати є ключовим показником кредитного ризику, і цей графік дозволяє порівняти, які продукти є найбільш збитковими або навпаки - прогнозовано безпечними.

Стовпчики показують фактичні середні втрати, а трендова лінія допомагає побачити загальну тенденцію: зростають очікувані втрати між продуктами чи навпаки - зменшуються. Якщо певний продукт має значно більші EL у порівнянні з іншими, це сигнал про високу ризиковість позичальників саме в цьому сегменті. Тренд дозволяє легко помітити, чи є продукти, які формують «пік» збитковості, та на які потрібно звернути особливу увагу.

Переглянувши цей графік, можна ухвалювати рішення щодо зміни умов кредитування, зменшення або збільшення лімітів, коригування відсоткових ставок чи перегляду механізму скорингу для проблемних продуктів.

5. Тренд середнього PD між продуктами

Лінійна діаграма, що показує, як середня ймовірність дефолту відрізняється між продуктами.

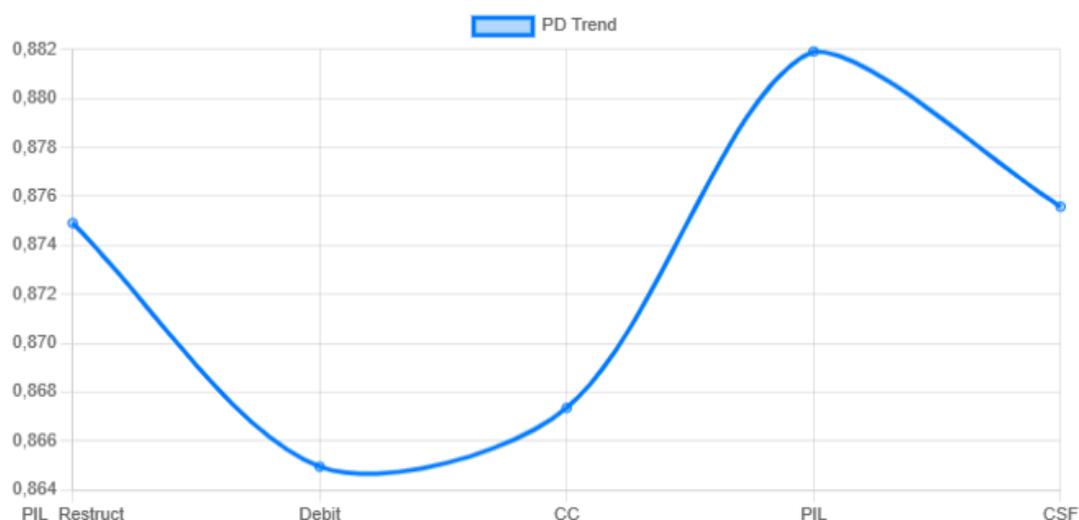


Рис. 3.17 Лінійний графік ймовірності дефолту

Лінійний графік демонструє, як середня ймовірність дефолту (PD) змінюється між різними кредитними продуктами. PD є ключовим показником ризику, який оцінює, наскільки ймовірно, що позичальник не виконає свої фінансові зобов'язання. Завдяки цьому графіку можна побачити не лише самі значення PD для кожного продукту, але й загальну тенденцію: чи зростає ризик від продукту до продукту, чи навпаки - зменшується.

Такий графік дозволяє виявити, які продукти є найбільш ризиковими з точки зору дефолтів. Якщо тренд показує зростання PD, це сигнал про можливе погіршення якості портфеля або некоректні критерії відбору позичальників. Якщо ж тренд знижується, це означає, що портфель більш стабільний у напрямку певних продуктів.

Перегляд цього графіка допомагає кредитним аналітикам приймати рішення щодо перегляду скорингових моделей, зміни вимог до позичальників або оптимізації продуктової лінійки. Це дозволяє ефективно знижувати ймовірність накопичення проблемних кредитів у банку.

6. Середня ймовірність невиконання зобов'язань (PD) за продуктами

Порівняння середнього рівня ризику між продуктами на основі PD.

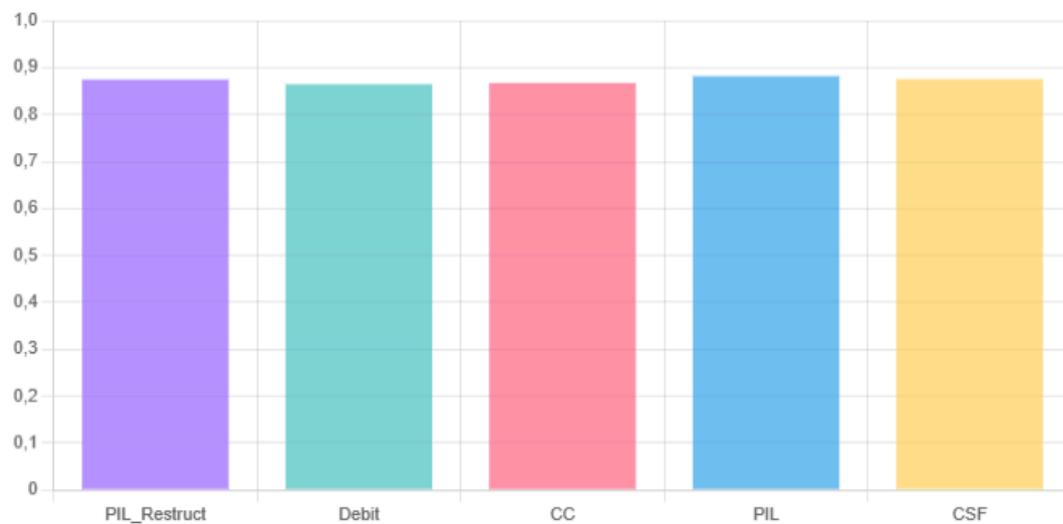


Рис. 3.18 Діаграма середнього значення PD

Стовпчиковий графік відображає середні значення PD окремо для кожного кредитного продукту. Це надає змогу оцінити, як рівень ризику розподілений між продуктами, і визначити, чи є сегменти з підвищеною ймовірністю дефолтів.

Кожен продукт має свій характер позичальників, умови кредитування та поведінкові особливості, тому PD може суттєво відрізнитися. Візуалізація дозволяє швидко побачити, які продукти мають стабільніший профіль, а які - потенційно проблемні.

Такий графік допомагає у вирішенні завдань перегляду продуктової стратегії: підвищення ставок на ризикові продукти, зміни умов кредитування, введення додаткових механізмів верифікації позичальника або підсилення контролю за певним сегментом портфеля.

7. Середня сума кредиту за продуктами

Аналіз середнього розміру кредиту у кожному банківському продукті.

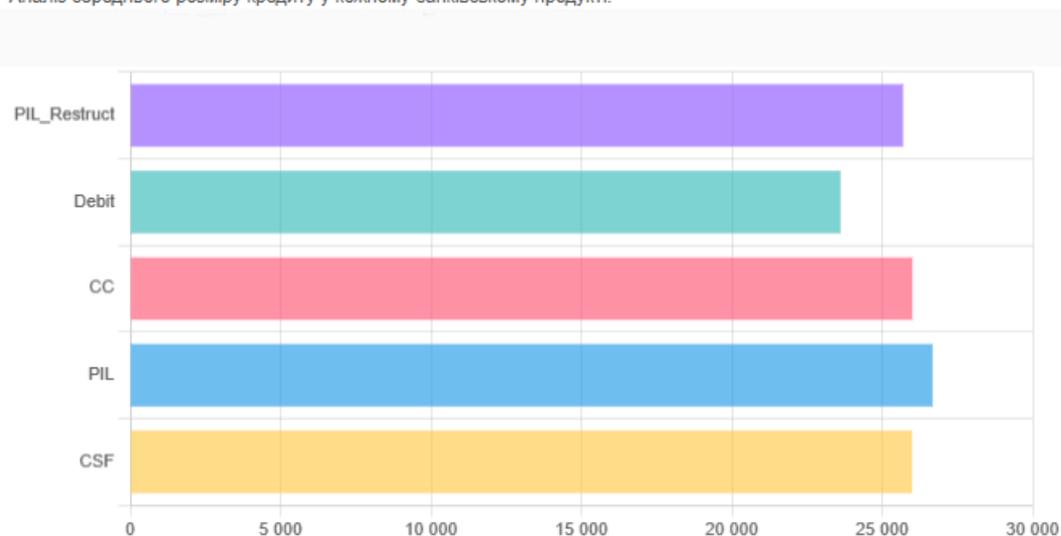


Рис. 3.19 Діаграма середньої суми кредиту

Цей горизонтальний стовпчиковий графік відображає середній розмір кредиту для кожного продукту. Він дозволяє порівняти, які продукти мають найбільші кредитні суми, а які - характеризуються меншими фінансовими навантаженнями на клієнта.

Аналіз середньої суми дає можливість зрозуміти, який сегмент портфеля формує найбільшу частину фінансування та які продукти несуть більше кредитного навантаження. Продукти з великими сумами зазвичай є більш ризиковими, особливо якщо PD або EL за ними також підвищені.

Такий графік корисний для оцінки кредитної політики банку: чи не видається занадто багато великих кредитів, чи не перевищують певні продукти рекомендовані ліміти та як їх поєднати зі скоринговими моделями для мінімізації ризику. Він також допомагає визначити, де варто посилити ризик-контроль або обмежити доступні суми.

8. Порівняння середнього PD та суми кредитів за продуктами

Аналіз взаємозв'язку між середньою ймовірністю дефолту (PD) та обсягом кредитування для різних банківських продуктів.



Рис. 3.20 Діаграма середнього рівня ризику та суми за продуктами

Даний графік призначений для одночасного аналізу ризику та фінансового навантаження кредитних продуктів у межах банківського портфеля. Його ключовою особливістю є поєднання в одному візуальному представленні двох різних, але взаємопов'язаних показників: середньої ймовірності дефолту та середньої суми виданих кредитів. Це дозволяє оцінювати продукти не ізольовано, а в контексті їх реального впливу на загальний ризик портфеля.

Особливістю цього графіка є можливість виявлення ситуацій, коли продукт має значний обсяг кредитування та водночас підвищений рівень PD. Такі продукти формують критичні зони ризику, оскільки навіть незначне зростання дефолтів може призвести до суттєвих фінансових втрат. Наприклад, кредитні картки (CC) поєднують високий середній розмір кредиту з відносно високою ймовірністю дефолту, що вимагає посиленої уваги з боку ризик-менеджменту.

Водночас графік дозволяє ідентифікувати продукти з меншою сумою кредиту, але підвищеним PD, зокрема реструктуризовані кредити (PIL_Restruct). Це сигналізує про роботу з проблемною заборгованістю та підтверджує доцільність обмеження кредитних лімітів для таких сегментів. Продукти з помірним PD і середнім обсягом коштів, наприклад Debit, характеризуються

стабільнішим ризиковим профілем і можуть розглядатися як елементи балансування портфеля.

Практичне призначення цього графіка полягає у підтримці управлінських рішень. Він дозволяє швидко оцінити, які кредитні продукти потребують перегляду умов кредитування, зміни скорингових моделей або коригування лімітів. У поєднанні з іншими показниками (EL, ICRI, Risk Rating) даний графік формує основу для комплексного аналізу кредитного портфеля та підвищення ефективності управління ризиками.

Таким чином, представлений графік виконує не лише ілюстративну, а й аналітичну функцію, забезпечуючи наочний зв'язок між рівнем ризику та фінансовим впливом кожного банківського продукту.

3.5 Порівняльний аналіз ефективності

Процес аналізу кредитних даних у банківській сфері традиційно включає низку послідовних етапів, значна частина яких виконується вручну. Аналітик має самостійно експортувати дані з бази, підготувати їх до аналізу, очистити та перетворити у потрібний формат. Далі виконуються обчислення ризикових показників, будуються графіки та формується звіт. Така структура процесу суттєво збільшує загальний час роботи та створює додаткові ризики появи помилок через людський фактор.

Ще однією проблемою класичного підходу є те, що кожне оновлення даних фактично вимагає повторення всього циклу - від чищення таблиць до повторної побудови графіків. Це знижує оперативність прийняття рішень та ускладнює регулярний моніторинг кредитного портфеля. Середня тривалість такої послідовності дій зазвичай становить 16–20 хвилини, залежно від досвіду аналітика та кількості даних.

Запропонована система частково або повністю усуває ці недоліки завдяки автоматизації основних технічних етапів. Завантаження даних відбувається одним кліком, а модуль автоматичної підготовки виконує очищення, нормалізацію,

агрегацію та формування похідних змінних без участі користувача. Усі математичні моделі - PD, LGD, EAD, EL, ICRI, Risk Rating - інтегровані в систему й обчислюються миттєво після отримання даних.

Після цього формується інтерактивний дашборд, який відображає всі графіки, показники та порівняння між кредитними продуктами. Таким чином, користувач переходить безпосередньо до аналітики, а не витрачає час на технічну підготовку. Сумарна тривалість обробки і візуалізації даних у системі становить лише 8–10 хвилин, що забезпечує більш ніж дворазове прискорення процесу.

Таблиця 3.2

Порівняння аналізу кредитних даних

| Етап роботи | Класичний підхід | Запропонована система |
|-----------------------------|---|--|
| Отримання даних | Експорт з SQL, імпорт у файли, завантаження у робочий інструмент. ≈ 2 хв | Завантаження Excel або підключення до SQL за один клік. ≈ 2 хв |
| Первинна обробка | Чищення, форматування, видалення дублікатів, виправлення дат вручну. $\approx 2-4$ хв | Автоматичне очищення, агрегація та нормалізація даних. $\approx 2-3$ хв |
| Підготовка до аналізу | Об'єднання таблиць, створення нових колонок, первинні розрахунки. $\approx 2-4$ хв | Побудова похідних полів (DPDscore, Util, логарифм тощо). автоматично |
| Розрахунок ризикових метрик | Розраховуються формулами або вручну або через скрипти. ≈ 3 хв | Вбудовані математичні моделі (PD, LGD, EAD, EL, ICRI, Risk Rating). ≈ 1 хв |
| Побудова графіків | Ручне налаштування діаграм, вибір кольорів, підписів, осей. ≈ 2 хв | Автоматична генерація дашборду з готовими діаграмами. ≈ 1 хв |

Порівняння аналізу кредитних даних

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| Формування звіту інтерпретація | Збір таблиць і графіків у фінальний документ. ≈ 1 хв | Користувач одразу переходить до аналізу та прийняття рішень. ≈ 0 хв технічної роботи |
| Загальний час | $\approx 12-16$ хв (ручні етапи: багато помилок, низька повторюваність) | $\approx 6-8$ хв (автоматизація, стабільність, висока швидкість) |

Порівняльна схема, наведена у таблиці, наочно демонструє відмінності між традиційним і автоматизованим підходами. Вона підкреслює скорочення кількості ручних операцій, зменшення часу на кожному етапі та підвищення точності завдяки відсутності людського втручання у критичних розрахунках.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволило виявити ключові проблеми традиційного кредитного аналізу: значний обсяг ручної роботи, потребу у багатокроковому формуванні вибірок, відсутність автоматизованих розрахунків фінансових моделей та низьку інтерактивність існуючих інструментів. У межах роботи запропоновано підхід, що усуває ці обмеження шляхом поєднання математичних алгоритмів оцінювання ризику (PD, LGD, EAD, EL, ICRI, Y-Index, Risk Rating) із сучасними технологіями та оптимізованою структурою обробки даних.

У результаті проведеного дослідження було створено комплексну візуально-аналітичну систему оцінювання кредитних продуктів, яка поєднує сучасні фінансові моделі ризику, методи обробки даних та інтерактивну візуалізацію. Розроблене програмне рішення забезпечує автоматизований аналіз кредитного портфеля та дозволяє отримувати кількісні оцінки ризиків із високою швидкістю та точністю, що значно підвищує ефективність прийняття рішень у кредитному менеджменті.

Розроблена система включає модулі завантаження, нормалізації, математичного моделювання та візуальної аналітики, що працюють у єдиному інтегрованому середовищі. Впроваджена архітектура забезпечує розподіл функцій між клієнтською та серверною частиною, підтримує роботу з файлами та SQL-базами даних, автоматично формує ризикові показники та перетворює їх у зручні графічні дашборди. Такий підхід забезпечує не лише високу продуктивність, але й надає можливість швидкого порівняння кредитних продуктів між собою, виявлення залежностей та тенденцій, оцінки стабільності та ризиковості кредитних портфелів.

Створена система демонструє практичну цінність: аналітичні розрахунки виконуються протягом кількох секунд, а користувач отримує повний набір фінансових індикаторів та візуальних інструментів без потреби у зовнішніх програмних комплексах. Інтерактивні графіки дозволяють оперативно змінювати

вибірки, порівнювати продукти, виявляти аномалії та оцінювати ризиковий профіль за різними параметрами.

Актуальність отриманих результатів полягає у поєднанні кількісних фінансових моделей із веб-орієнтованою аналітикою, що дозволило створити універсальний інструмент для оцінювання кредитних ризиків у форматі, доступному для широкого кола користувачів - від студентів до фахівців фінансового сектору. Розроблену систему можна масштабувати, розширювати новими моделями, інтегрувати з машинним навчанням або доповнювати прогнозними інструментами.

Практична значущість роботи полягає у можливості застосування системи в реальних банківських процесах: аналізі портфеля, виявленні ризикових сегментів, оцінці якості продуктів, моніторингу поведінки позичальників. Інструмент може використовуватися й у навчальному процесі для демонстрації роботи фінансових моделей, побудови дашбордів та формування навичок аналітичного мислення.

Таким чином, у ході роботи було отримано завершене практичне та теоретичне рішення, спрямоване на вдосконалення процесів кредитної аналітики. Система поєднує сучасні інженерні підходи, математичні моделі та візуальні механізми, забезпечуючи високий рівень ефективності та наочності. Отримані результати створюють основу для подальшого розвитку інструментів автоматизованого ризикового аналізу та впровадження інноваційних методів оцінювання кредитних продуктів.

Результати дослідження апробовано та опубліковано у наступних статті та тезах:

1. Дацюк Ю.В., Трінтіна Н.А. Забезпечення безпеки у front-end розробці web-застосунків. IV Міжнародна наукова конференція «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності», 30 травня 2025 р., Міжнародний центр наукових досліджень. - Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. С.408–411.
2. Дацюк Ю.В., Трінтіна Н.А. Застосування веб-застосунків та технологій штучного інтелекту в банківській сфері. IV Міжнародна наукова конференція «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності», 30 травня 2025 р., Міжнародний центр наукових досліджень. - Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. С.412–413.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Credit Scoring Approaches Guidelines. *Washington: The World Bank Group*. 2019. 64 с.
2. Fair Isaac Corporation (FICO). 2024. URL: <https://dcfmodeling.com/blogs/history/fico-history-mission-ownership>
3. Формування фінансового механізму стабілізації економіки України: звіт про НДР (заключний) / Навчально-науковий інститут фінансів економіки та менеджменту імені Олега Балацького ; керівн. Н. А. Антонюк. 2014. 60 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/39378>
4. Zarutska El. Structural-functional analysis of the Ukraine banking system, 2018. P. 79-88.
5. Теоретико-методичні засади відповідального портфельного інвестування як інструменту фінансового забезпечення сталого розвитку економіки. Звіт Навчально-науковий інститут фінансів економіки та менеджменту імені Олега Балацького. 2016. 99 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/67799>.
6. Дзюблюк О. Проблеми активізації банківського кредитування реального сектору економіки в умовах воєнного стану. Вісник економіки, 2023 С. 8-25. URL: <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.03.008>
7. Іщенко В.В. Актуальні проблеми забезпечення фінансової безпеки України: аналіз загроз та ризиків податкової безпеки. Наукові праці НДФІ. 2012. С. 143-149
8. Гаркуша Ю. О. Удосконалення процесу оцінки кредитного ризику в Україні. 2017. №13. С. 280-285.
9. Про схвалення Концепції забезпечення національної безпеки у фінансовій сфері: постанова Кабінету Міністрів України від 15.08.2012 р. № 569. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2012-%D1%80> (дата звернення: 11.08.2025).

10. Національний банк України. Змінено окремі підходи до оцінки банками кредитного ризику, червень. 2022. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/zmineno-okremi-pidhodi-do-otsinki-bankami-kreditnog-o-riziku>
11. Credit Markets: New Risks, New Game Plan | Global Conference. 2024. URL: https://www.youtube.com/watch?v=plooSD0a8pY&ab_channel=MilkenInstitute
12. Ковальов О.Л. Класифікація банківських ризиків. Фактори, що впливають на кредитні ризики, і підходи до їх класифікації // Формування ринкових відносин в Україні. 2020. 63 с.
13. Нідзельська І.А. Кредитні ризики та їх наслідки для банківської системи України в умовах поглиблення фінансової кризи // Фінанси України. 2009. С. 105 – 111.
14. Савчук Л. М. Проблеми правового, фінансового та економічного забезпечення розвитку національної економіки. 2021. 384 с.
15. Коломієць Ю. Ю., Коломієць В. Ю. Моделювання ризиків діяльності банків. - 2023 - URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2023-8_0-pages-138_148.pdf?utm_source=chatgpt.com
16. Невмержицький Є.І. Сучасні інструменти оцінки кредитних ризиків з використанням продуктів кредитного бюро. 2010. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=224>
17. Bandyopadhyay A. Exposure at Default (EAD) and Loss Given Default (LGD). Managing Portfolio Credit Risk in Banks: Arindam Bandyopadhyay. 2016. С. 137–185
18. Полторак А. С. Ефективне управління фінансовими ризиками в системі економічної безпеки України. 2015. №1. С. 34-39.
19. Zarutskia E1. Financial Markets, Institutions and Risks, 2020. P. 89-96.
20. Ezeh, M.O., Ogbu, A.D., Ikevuje, A.H., George, E.P.E. Leveraging technology for improved contract management in the energy sector. International Journal of Applied Research in Social Sciences. 2024. P. 1481- 1502.

21. Akinsanya, M. O., Ekechi, C. C., & Okeke, C. D. Security Paradigms For Iot In Telecom Networks: Conceptual Challenges And Solution Pathways. *Engineering Science & Technology Journal*. 2024. URL: <https://doi.org/10.51594/estj.v5i4.1075>
22. Lessmann S., Baesens B., Seow H., Thomas L. Benchmarking state-of-the-art classification algorithms for credit scoring. *European Journal of Operational Research*. 2022. P. 124–136.
23. Deloitte. Credit Risk Management in the Age of Data Analytics. *Global Banking Outlook*, 2024. URL: <https://www.deloitte.com>
24. Національний банк України. Звіт про фінансову стабільність. Київ, 2023. URL: <https://bank.gov.ua/ua/stability>
25. Коваленко В. В., Шелудько В. М. Управління кредитним ризиком банків: сучасні підходи та інструменти // *Фінанси України*. 2022. №6. С. 45–60.

ДОДАТОК А. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ



КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Магістерська робота

**«Візуально-аналітична методика оцінки та порівняння банківських
кредитних продуктів на основі кількісних фінансових моделей»**

Виконав: студент групи ПДМ-63 Юрій Дацюк

Керівник: канд. техн. наук, завідувач кафедри Інтернет-технологій
Вячеслав ТРЕЙТЯК

Київ - 2025

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи: підвищення якості оцінки та порівняння банківських кредитних продуктів шляхом використання візуально-аналітичної методики на основі кількісних фінансових моделей.

Об'єкт дослідження: процес оцінювання та порівняння банківських кредитних продуктів.

Предмет дослідження: візуально-аналітичні засоби та кількісні математичні моделі для оцінки кредитних ризиків і характеристик банківських продуктів.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

| ІСНУЮЧИЙ ІНСТРУМЕНТ | ПРИНЦИП | ПЕРЕВАГИ | НЕДОЛІКИ |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Excel (таблиці та формули) | Ручне введення та обробка даних, використання формул і макросів для базових розрахунків | Гнучкість у налаштуванні. Можливість швидко створювати прості звіти. | Відсутня аналітика та динаміки поведінки. Обмежена масштабованість для великих масивів даних. |
| Tableau Public | Аналітика ризиків за методологіями Basel | Висока точність. Висока швидкість обробки даних. | Висока вартість. Відсутні прості візуальні порівняння продуктів. |
| Moody's CreditLens | Візуалізація та аналіз даних шляхом перетворення таблиць і наборів даних у інтерактивні графіки | Інтерактивність панелі. Висока швидкість обробки даних. | Не розраховує ризики автоматично. Всі показники ризику мають бути розраховані до завантаження. |
| Power BI | Створення інтерактивних панелей, DAX-аналітика, інтеграція з базами даних | Зручність та автоматичне оновлення даних. Широкий набір візуалів | Не містить алгоритмів оцінювання ризику. Потребує повної попередньої підготовки ризикових метрик і очищення даних |

3

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ

| ПРОБЛЕМИ | ПРИЧИНИ | НАСЛІДКИ |
|---|---|--|
| Роз'єднаність даних | Показники ризику зберігаються у різних документах та системах | Немає цілісної оцінки портфеля |
| Відсутність інтегрованої візуальної аналітики | Ризикові показники відображаються у вигляді таблиць або текстових звітів без взаємозв'язку між метриками. | Ускладнюється виявлення ризикових зон, трендів та взаємозалежностей між показниками. |
| Ручне порівняння продуктів | Аналітики самостійно зіставляють дані | Можливі помилки та втрати часу |
| Низька ефективність контролю ризикових відхилень | Аналітика базується на агрегованих показниках без деталізації | Ризикові кредити можуть залишатися непоміченими |
| Відсутність комплексної оцінки кредитних продуктів | Ризикові метрики розраховуються без подальшого узагальнення | Управління портфелем здійснюється менш ефективно |

4

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ

1. Модель *PD* — *Probability of Default* (ймовірність дефолту)

$$PD = \frac{1}{1 + e^{-Z}} \quad Z = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{CreditSum}) + \beta_2 \text{DPD}_{\text{score}}$$

де: *Z* — лінійна комбінація факторів (логіт-функція);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ — коефіцієнти моделі;

$\ln(\text{CreditSum})$ — натуральний логарифм суми кредиту;

$\text{DPD}_{\text{score}}$ — нормований показник днів прострочки.

2. Модель *EL* — *Expected Loss* (очікувані збитки)

$$EL = PD \cdot LGD \cdot EAD$$

де: *PD* — ймовірність дефолту позичальника;

LGD — частка втрат при дефолті;

EAD — експозиція на момент дефолту.

3. *DPD*-модель (кількість днів прострочки за кредитом)

$$\text{DPD}_{\text{score}} = \frac{\text{DPD}}{\text{DPD}_{\text{max}}}$$

$$\text{Bucket}(\text{DPD}) = \begin{cases} \{\text{Current}\}, & \text{DPD} = 0, \\ [1 - 30], & 1 \leq \text{DPD} \leq 30, \\ [31 - 60], & 31 \leq \text{DPD} \leq 60, \\ [61 - 90], & 61 \leq \text{DPD} \leq 90, \\ [91 - 120], & 91 \leq \text{DPD} \leq 120, \\ [121 - 150], & 121 \leq \text{DPD} \leq 150, \\ [151 - 180], & 151 \leq \text{DPD} \leq 180, \\ [180+], & \text{DPD} > 180. \end{cases}$$

де: DPD_{max} — максимальне значення прострочки у вибірці (для нормування);

$\text{DPD}_{\text{score}}$ — нормований показник прострочки;

$\text{Bucket}(\text{DPD})$ — категорія прострочки.

5

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ ПРОДУКТІВ (ПРОДОВЖЕННЯ)

4. Модель *ICRI* — *Integrated Credit Risk Index* (інтегральний індекс ризику)

$$\text{ICRI} = 0.5 \frac{PD - PD_{\min}}{PD_{\max} - PD_{\min}} + 0.3 \cdot \text{DPD}_{\text{score}} + 0.2 \cdot \frac{\text{Util} - \text{Util}_{\min}}{\text{Util}_{\max} - \text{Util}_{\min}}$$

де: *PD* — ймовірність дефолту для окремого кредиту;

PD_{\min}, PD_{\max} — мінімальне та максимальне значення *PD* у вибірці;

$\text{DPD}_{\text{score}}$ — нормований показник прострочки;

Util — рівень використання ліміту ($\text{Util} = \text{Outstanding} / \text{Limit}$);

$\text{Util}_{\min}, \text{Util}_{\max}$ — мінімальне та максимальне значення *Util* у вибірці.

5. Модель *Y-Index* — індекс стабільності кредитного продукту

$$LGD = \frac{1}{1 + Y}, \quad Y\% = Y \cdot 100, \quad Y = PD \cdot LGD$$

де: *Y* — агрегована міра ризику дефолту з урахуванням можливих втрат;

PD — ймовірність дефолту для окремого кредиту;

LGD — частка втрат при дефолті;

Y% — значення індексу стабільності, подане у відсотках.

6. Модель *Risk Rating* — інтегральний рейтинг ризику (0–100%)

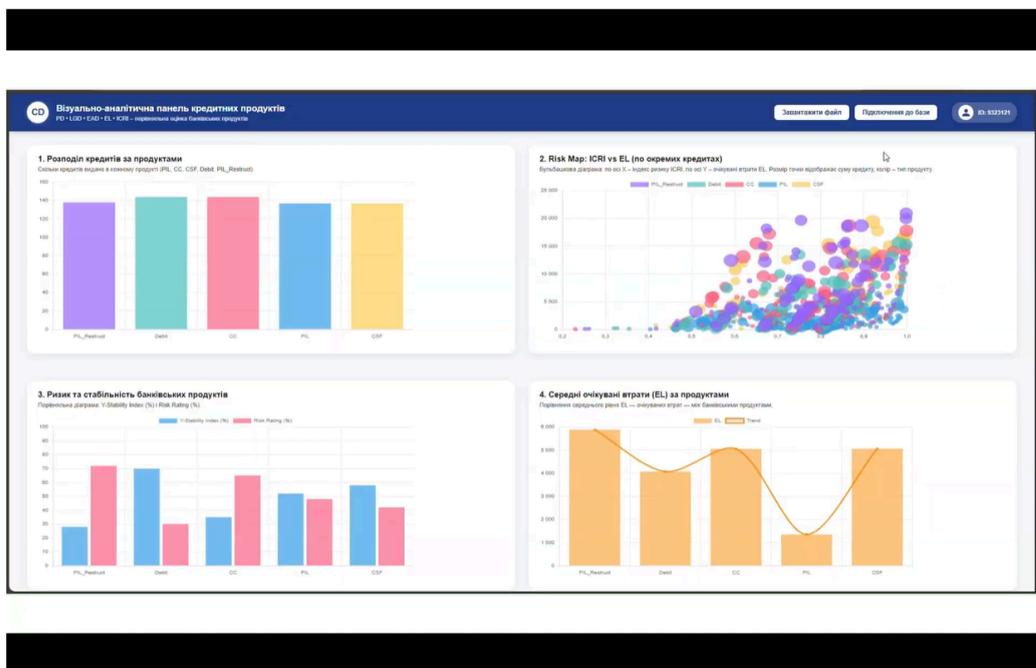
$$\text{Risk Rating} = 100 \cdot \frac{EL}{\max(EL)}$$

де: *EL* — базовий ризиковий скор (очікувані збитки);

$\max(EL)$ — максимальне значення скору серед усіх продуктів.

6

ПРАКТИЧНИЙ РЕЗУЛЬТАТ



7

ПОРІВНЯННЯ ПРОЦЕСІВ АНАЛІЗУ КРЕДИТНИХ ДАНИХ



8

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих підходів, інструментів та методів візуально-аналітичної обробки кредитних даних, досліджено особливості їх застосування у фінансовому секторі та визначено обмеження традиційних систем.
2. Запропоновано візуально-аналітичну методику оцінки та порівняння банківських кредитних продуктів, що ґрунтується на використанні математичних моделей PD, EL, ICRI та Risk Rating, і забезпечує багатовимірну оцінку ризиків з урахуванням поведінкових та фінансових характеристик клієнтів і продуктів.
3. Розроблено архітектуру та реалізовано застосунок, який автоматизує процеси завантаження даних, їх підготовки, обчислення ризикових метрик та побудови інтерактивних дашбордів.
4. Результати обчислень ризикових показників та їх відображення на інтерактивних панелях, дозволили отримати достовірні і оперативні дані щодо кредитних продуктів за рівнем ризику, стабільності та очікуваних втрат.
5. Отримані результати підтвердили, що розроблена методика скорочує процес порівняння кредитних продуктів на 50% та може бути інтегрована в інформаційні системи банків для автоматизації процесів оцінювання ризиків і прийняття управлінських рішень. Це створює підґрунтя для подальшого удосконалення моделі та розширення її функціональних можливостей.

9

ПУБЛІКАЦІЇ ТА АПРОБАЦІЯ РОБОТИ

Тези доповідей:

1. Дацюк Ю.В., Трінтіна Н.А. Забезпечення безпеки у front-end розробці web-застосунків. IV Міжнародна наукова конференція «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності», 30 травня 2025 р., Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. С.408–411.
2. Дацюк Ю.В., Трінтіна Н.А. Застосування веб-застосунків та технологій штучного інтелекту в банківській сфері. IV Міжнародна наукова конференція «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності», 30 травня 2025 р., Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. С.412–413.

10

ДОДАТОК Б. ЛІСТИНГ ОСНОВНИХ МОДУЛІВ

server.js

```

require("dotenv").config();
const express = require("express");
const sql = require("mssql/msnodesqlv8");
const cors = require("cors");
const morgan = require("morgan");

const app = express();

app.use(cors());
app.use(express.json());
app.use(morgan("dev"));

const config = {
  connectionString:
    `Driver=${process.env.DB_DRIVER};` +
    `Server=${process.env.DB_SERVER};` +
    `Database=${process.env.DB_NAME};` +
    `Trusted_Connection=Yes;`;
};

app.get("/api/final", async (req, res, next) => {
  try {
    const pool = await sql.connect(config);
    const result = await pool.request().query("SELECT TOP
100 * FROM FinalCredit");
    res.json(result.recordset);
  } catch (err) {
    next(err);
  }
});

app.get("/api/products", async (req, res, next) => {
  try {
    const pool = await sql.connect(config);
    const result = await pool.request().query("SELECT *
FROM ProductTable");
    res.json(result.recordset);
  } catch (err) {
    next(err);
  }
});

app.get("/api/customers", async (req, res, next) => {
  try {
    const pool = await sql.connect(config);
    const result = await pool.request().query("SELECT TOP
200 * FROM Customer");
    res.json(result.recordset);
  } catch (err) {
    next(err);
  }
});

```

```

app.get("/api/deals", async (req, res, next) => {
  try {
    const pool = await sql.connect(config);
    const result = await pool.request().query("SELECT TOP
200 * FROM CreditDeals");
    res.json(result.recordset);
  } catch (err) {
    next(err);
  }
});

app.use((err, req, res, next) => {
  console.error("✗ SERVER ERROR:", err);
  res.status(500).json({
    message: "Внутрішня помилка сервера",
    error: err.message
  });
});

const PORT = process.env.PORT || 3000;
app.listen(PORT, () => {
  console.log("✓ Server running on
http://localhost:${PORT}");
});

```

app.js

```

const DATA_URL = "data/final_700.json";

const PRODUCT_COLORS = {
  PIL: "rgba(54,162,235,0.7)",
  CC: "rgba(255,99,132,0.7)",
  CSF: "rgba(255,206,86,0.7)",
  Debit: "rgba(75,192,192,0.7)",
  PIL_Restruct: "rgba(153,102,255,0.7)"
};

let currentData = [];

// 1. ЗАВАНТАЖЕННЯ JSON
async function loadDefaultJson() {
  const r = await fetch(DATA_URL);
  return await r.json();
}

loadDefaultJson().then(data => {
  currentData = data;
  buildCharts(currentData);
});

document.getElementById("fileInput").addEventListener("cha
nge", handleExcel);

```

```

function handleExcel(event) {
  const file = event.target.files[0];
  if (!file) return;

  const reader = new FileReader();

  reader.onload = e => {
    const data = new Uint8Array(e.target.result);
    const wb = XLSX.read(data, { type: "array" });
    const sheet = wb.Sheets[wb.SheetNames[0]];
    const rows = XLSX.utils.sheet_to_json(sheet);

    // Моделюємо мат. показники (тимчасово)
    const normalized = rows.map(r => {
      const PD = 0.05 + Math.random() * 0.2;
      const LGD = 0.3 + Math.random() * 0.4;
      const EAD = Number(r.CreditSum || 0);
      const EL = PD * LGD * EAD;
      const ICRI = Math.min(1, Math.max(0, 0.2 + PD * 0.4
+ LGD * 0.2));

      return {
        Product: r.Product,
        CreditSum: EAD,
        DateOpen: r.DateOpen,
        PD,
        LGD,
        EAD,
        EL,
        ICRI
      };
    });

    currentData = normalized;
    rebuildCharts();
  };

  reader.readAsArrayBuffer(file);
}

function rebuildCharts() {
  document.querySelectorAll("canvas").forEach(c => {
    const clone = c.cloneNode(true);
    c.parentNode.replaceChild(clone, c);
  });

  buildCharts(currentData);
}

function buildCharts(rows) {

  const byProduct = {};
  const pdSum = {};
  const pdCount = {};

  const sumCredit = {};
  const countCredit = {};

  const elSum = {};
  const elCount = {};

  rows.forEach(r => {
    const P = r.Product;
    if (!byProduct[P]) {
      byProduct[P] = 0;
      pdSum[P] = 0;
      pdCount[P] = 0;
      sumCredit[P] = 0;
      countCredit[P] = 0;
      elSum[P] = 0;
      elCount[P] = 0;
    }

    byProduct[P]++;

    if (r.PD !== null) {
      pdSum[P] += r.PD;
      pdCount[P]++;
    }

    if (r.CreditSum !== null) {
      sumCredit[P] += r.CreditSum;
      countCredit[P]++;
    }

    if (r.EL !== null) {
      elSum[P] += r.EL;
      elCount[P]++;
    }
  });

  const products = Object.keys(byProduct);

  const countValues = products.map(p => byProduct[p]);
  const avgPDValues = products.map(p => pdCount[p] ?
pdSum[p] / pdCount[p] : 0);
  const avgSum = products.map(p => countCredit[p] ?
sumCredit[p] / countCredit[p] : 0);
  const sumSum = products.map(p => sumCredit[p]);
  const avgEL = products.map(p => elCount[p] ? elSum[p] /
elCount[p] : 0);

  // 1. КІЛЬКІСТЬ КРЕДИТІВ
  new Chart(document.getElementById("chartByProduct"), {
    type: "bar",
    data: {
      labels: products,
      datasets: [{
        data: countValues,
        backgroundColor: products.map(p =>
PRODUCT_COLORS[p])
      }]
    },
    options: { plugins: { legend: { display: false } } }
  });

  // 2. СЕРЕДНІЙ PD
  new Chart(document.getElementById("chartAvgPD"), {
    type: "bar",
    data: {
      labels: products,

```

```

    datasets: [{
      data: avgPDValues,
      backgroundColor: products.map(p =>
PRODUCT_COLORS[p])
    ]
  },
  options: {
    plugins: {
      legend: { display: false },
      tooltip: { callbacks: { label: ctx => `${ctx.raw *
100).toFixed(2)}%` } }
    },
    scales: { y: { max: 1, beginAtZero: true } }
  }
});

// 3. BUBBLE RISK MAP

const bubblePerProduct = {};

rows.forEach(r => {
  const P = r.Product;
  if (!bubblePerProduct[P]) bubblePerProduct[P] = [];
  if (r.ICRI != null && r.EL != null)
    bubblePerProduct[P].push({
      x: r.ICRI,
      y: r.EL,
      r: Math.max(5, Math.min(r.CreditSum / 3000, 20))
    });
});

new Chart(document.getElementById("chartRiskMap"), {
  type: "bubble",
  data: {
    datasets: Object.keys(bubblePerProduct).map(P => ({
      label: P,
      data: bubblePerProduct[P],
      backgroundColor: PRODUCT_COLORS[P]
    })))
  }
});

// 4. СТАБІЛЬНІСТЬ / РЕЙТИНГ

new Chart(document.getElementById("riskStabilityChart"),
{
  type: "bar",
  data: {
    labels: products,
    datasets: [
      { label: "Y-Index", data: [56,33,35,39,26],
backgroundColor: "rgba(54,162,235,0.7)" },
      { label: "Risk Rating", data: [45,80,74,51,67],
backgroundColor: "rgba(255,99,132,0.7)" }
    ]
  }
});

// 5. AVG LOAN SUM (HORIZONTAL)

new Chart(document.getElementById("avgSumChart"), {
  type: "bar",
  data: {
    labels: products,
    datasets: [{
      data: avgSum,
      backgroundColor: products.map(p =>
PRODUCT_COLORS[p])
    }
  ],
  options: { indexAxis: "y" }
});

// 6. PIE CHART — TOTAL SUM

new Chart(document.getElementById("ageChart"), {
  type: "pie",
  data: {
    labels: products,
    datasets: [{
      data: sumSum,
      backgroundColor: products.map(p =>
PRODUCT_COLORS[p])
    }
  ]
});

// 7. EXPECTED LOSS (BAR + LINE)

new Chart(document.getElementById("avgElChart"), {
  type: "bar",
  data: {
    labels: products,
    datasets: [
      { type: "bar", label: "EL", data: avgEl,
backgroundColor: "rgba(255,140,0,0.5)" },
      { type: "line", label: "Trend", data: avgEl,
borderColor: "#ff8c00", tension: 0.3 }
    ]
  }
});

// 8. NEW: PD TREND

new Chart(document.getElementById("pdTrendChart"), {
  type: "line",
  data: {
    labels: products,
    datasets: [{
      label: "PD Trend",
      data: avgPDValues,
      borderColor: "#007bff",
      backgroundColor: "rgba(0,123,255,0.3)",
      tension: 0.3
    }
  ]
});

```