Економіка

УДК 336.71:004.738.5:519.86

Лук'янчук Денис Юрійович
аспірант кафедри банківської справи та страхування
Київського національного економічного університету
імені Вадима Гетьмана
Lukianchuk Denys
PhD Candidate (Postgraduate Student) of the
Department of Banking and Insurance
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman
ORCID: 0000-0003-2876-7994

МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТНОГО РИЗИКУ В ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ КРЕДИТУВАННІ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ З УРАХУВАННЯМ ЛІКВІДНОСТІ
MODELING CREDIT RISK IN DECENTRALIZED DIGITAL ASSET LENDING WITH LIQUIDITY ADJUSTMENT

Анотація. *Вступ. У децентралізованому кредитуванні сама можливість ліквідації позиції ще не означає збиток для протоколу. Втрата виникає тоді, коли падіння ціни застави, обмежена короткострокова ліквідність, бонус ліквідатору та затримка управлінської реакції разом знижують виконувану вартість забезпечення нижче суми боргу.*

Мета. Побудувати модель оцінювання ймовірності втрати, втрат у разі дефолту та очікуваних втрат у DeFi-кредитуванні, де об'єктом аналізу є не «якість гаманця» як така, а окрема позиція в конкретному ринковому режимі.

Матеріали і методи. У статті використано модель SLG-EL, яка поєднує розрахунковий health factor, виконуваний показник безпечності позиції (executable health factor, XHF), ліквідність-скориговану функцію відшкодування, логіт-специфікацію loss-PD та керуючий шар із урахуванням governance-процесу. Емпірична база спирається на відкриті протокольні й ринкові входи Aave v3 Ethereum; сценарні режими та репрезентативні позиції введено як авторські припущення. Дизайн дослідження є model-based і scenario-based та не претендує на повний панельний back-test.

Результати. Показано, що за стандартним health factor позиція може виглядати безпечною, але вже втрачати запас беззбиткової ліквідації за XHF. Для репрезентативних WETH- і WBTC-позицій очікувані втрати зростають нелінійно: в умовному мініпортфелі — від 0 у нормальному режимі до 0,27% EAD у крихкому та 2,56% EAD у стресовому режимі. Найчутливішими виявляються великі позиції, розмір яких наближається до доступної глибини ринку.

Перспективи. Подальші дослідження доцільно спрямувати на перевірку моделі на повній позиційній панелі Aave і Compound, уточнення функції виконуваної ліквідності для альтернативних DEX-маршрутів та розширення підходу на мультизаставні портфелі.

Ключові слова: *децентралізовані фінанси, кредитний ризик, виконуваний показник безпечності позиції, очікувані втрати, ліквідаційний ризик, Aave, управління ризиками.*

Summary. *Introduction. In DeFi lending, a position becoming eligible for liquidation does not by itself imply a loss for the protocol. Loss arises when a fall in collateral prices, limited short-horizon liquidity, the liquidation bonus and delayed governance response jointly reduce executable collateral value below outstanding debt.*

Purpose. To build a model for probability of loss, loss given default and expected loss in DeFi lending where the core unit of analysis is a position observed under a specific market regime rather than a generic wallet score.

Materials and methods. The paper applies the SLG-EL model, which combines mark health factor, executable position safety factor, a liquidity-adjusted recovery function, a logit specification for loss-PD and a governance-sensitive decision layer. The empirical basis relies on open protocol and market inputs for Aave v3 Ethereum, while stress regimes and representative positions are treated as scenario assumptions. The research design is model-based and scenario-based rather than a full panel back-test.

Results. A position may remain formally safe under the standard health factor while already losing its buffer for loss-free liquidation under the executable metric. For representative WETH and WBTC positions, expected loss rises non-linearly; in the stylised mini-portfolio it increases from zero in the normal regime to 0.27% of EAD in the fragile regime and 2.56% in the stress regime. The strongest sensitivity is observed for large positions relative to available market depth.

Prospects. Further research should validate the framework on full position-level Aave and Compound panels, refine the executable-liquidity function for alternative DEX routes and extend the model to multi-collateral portfolios.

Key words: *decentralized finance credit risk executable position safety factor expected loss liquidation risk Aave risk management.*

Постановка проблемия. У DeFi-протоколах заставні параметри, закладені в смартконтракт, — максимальне співвідношення позики до застави (maximum loan-to-value, LTV), поріг ліквідації (liquidation threshold) і health factor — добре працюють як порогові обмежувачі, але не дають прямої відповіді на питання, коли саме виникає економічна втрата. Для

постачальника ліквідності важливий не лише сам перехід позиції в ліквідаційний стан, а й можливість фактично реалізувати заставу без дефіциту покриття.

Найгостріше ця різниця проявляється під час ринкових шоків. У такі моменти алгоритм ліквідації одночасно наштовхується на кілька фрикцій: ринкову — через скорочення доступної глибини та ціновий вплив (price impact); механічну — через close factor і liquidation bonus; інституційну — через затримку між появою ризику та зміною governance-параметрів. Саме на перетині цих каналів і формується ризик bad debt у DeFi-кредитуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження архітектури DeFi-кредитування та позикових фондів показують, що протоколи на кшталт Aave відтворюють базові функції фінансового посередництва, але роблять це без централізованого андеррайтингу [1; 2; 4]. За таких умов ліквідаційний механізм перестає бути суто технічним інструментом і фактично визначає межу між стійкою надзаставністю та реальною втратою протоколу.

Емпіричні роботи про ліквідації в DeFi показують, що результативність цього механізму залежить від стимулів ліквідаторів, волатильності та стану ринкової ліквідності [3; 5]. Паралельно праці з криптовалютної мікроструктури засвідчують: recovery у таких ринках не можна механічно ототожнювати з oracle price, оскільки вирішальними стають виконувана ціна, глибина торгового маршруту та витрати виконання [6; 7; 8; 9].

Праці з кредитного ризику, стрес-тестування та fire-sale contagion дають корисну аналітичну рамку для параметрів PD, LGD та EL, однак пряме перенесення цих інструментів у DeFi було б некоректним [10; 11; 12; 13]. У децентралізованому кредитуванні дефолт має іншу економічну природу: він настає не тоді, коли позичальник «не хоче платити», а тоді, коли навіть примусова ліквідація не покриває борг повністю.

Проблема, таким чином, полягає не в нестачі робіт про ліквідації чи ліквідність окремо. Бракує моделі, яка в одній конструкції трактувала б дефолт як збиткову ліквідацію, ендогенізувала б LGD через ринкову глибину та бонус ліквідатору і враховувала б часовий лаг governance як окремий канал очікуваних втрат. Саме на це спрямовано модель SLG-EL.

Метою статті є побудова ліквідність-скоригованої моделі очікуваних втрат у DeFi-кредитуванні для ринку Aave v3 Ethereum, у межах якої кредитний дефолт визначається як збиткова ліквідація позиції, а оцінювання очікуваних втрат спирається на поєднання стандартного health factor, виконуваного показника безпечності позиції XHF, ліквідність-скоригованої функції відшкодування та лагу governance-рішень.

Матеріали і методи. Запропонований підхід відрізняється від гаманцевих скорингових моделей та інтегральних індексів кредитоспроможності. Об'єктом аналізу є не адреса як «репутаційна одиниця», а відкрита позиція як експозиція, чутлива до стану ринку (state-dependent exposure). Логіка моделі охоплює три взаємопов'язані шари: state layer, який описує буферність позиції; liquidity layer, який фіксує виконуваність ліквідації; governance layer, який відображає часовий лаг між сигналом ризику та керуючою дією протоколу.

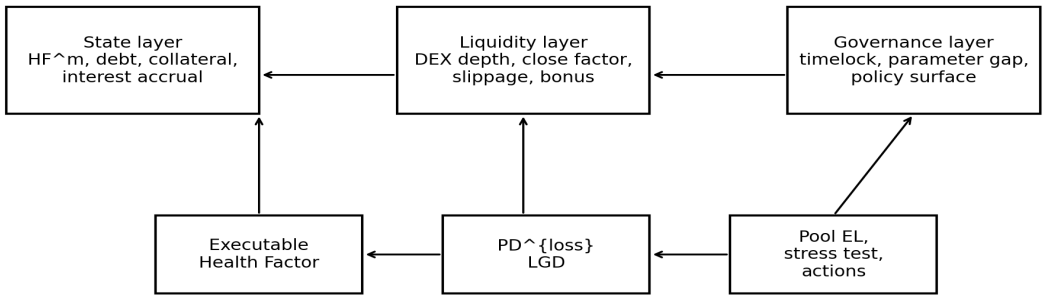


Рис. 1. Логіка моделі SLG-EL: від стану позиції до керуючого рішення

Джерело: розроблено автором

1. Формалізація стану позиції та виконуваної безпечності

Нехай i - позиція, a - актив застави, D_i - поточний борг у stablecoin-еквіваленті, C_i - кількість одиниць застави, P_t - ринкова ціна застави, LT_a - поріг ліквідації активу, LB_a - бонус ліквідатору, r_i - ставка нарощення боргу, Depth_t - спостережувана ліквідність на DEX, h - горизонт реакції governance або моніторингу. Тоді стандартний mark health factor, який використовується протоколом для визначення liquidation eligibility, задається як:

$$HF^m_i = (C_i \cdot P_t \cdot LT_a) / D_i \qquad (1)$$

Формула (1) фіксує момент, коли позиція наближається до ліквідаційного порога. Вона, однак, не враховує, що реальний продаж застави відбувається не за спостережуваною ціною, а за виконуваною ціною в межах доступної глибини ринку. Тому далі вводиться показник ефективної короткогоризонтної ліквідності:

$$D^eff_t = \omega_s \cdot Depth_t, \quad 0 < \omega_s \leq 1 \qquad (2)$$

Параметр ω_s задає, яка частина спостережуваної ринкової глибини реально доступна в межах короткого горизонту ліквідації. Це не економетрично оцінений, а сценарний параметр: у спокійному режимі він вищий, у крихкому та стресовому — нижчий.

Після цього можна визначити частину боргу, яку реально вдасться погасити в межах однієї ліквідації:

$$q_i = CF(HF^m_i) \cdot D_i, \quad CF(HF)=0.5 \text{ якщо } 0.95 < HF < 1; \quad CF(HF)=1 \text{ інакше} \qquad (3)$$

Виконувана безпечність позиції визначається не через LT як таке, а через максимально відновлювану суму боргу після врахування стресового цінового hair-cut, обмеженої глибини та liquidation bonus. Для горизонту h

у режимі s вводимо стресову ціну $P_t^{(s,h)}=P_t\cdot(1-\chi_(s,h))$, де $\chi_(s,h)$ — сценарний ціновий hair-cut. Тоді XHF має вигляд:

$$XHF_i^{(s,h)} = [\, C_i \cdot P_t^{(s,h)} \cdot (1 - q_i / D^{eff_t}) \,] / [\, D_i \cdot (1 + r_i \cdot h/365) \cdot (1 + LB_a) \,] \quad (4)$$

Для визначення частини боргу, яку реально можна погасити в одній ліквідації, використовується чинне правило close factor. В Aave v3 до 50% боргу може бути ліквідовано, коли health factor перевищує 0,95 і обидві сторони позиції перевищують 2 000 дол. США; до 100% - коли health factor дорівнює 0,95 або нижче чи коли позиція є малою [20]. Формально це записується так:

2. LGD та очікувані втрати в DeFi-орієнтованій постановці

На відміну від формального liquidation trigger, відновлювана сума залежить від стресової ціни застави, бонусу ліквідатору та обмеження за глибиною ринку. Саме тому максимально відновлювану суму боргу задаємо так:

$$R_i^{(s,h)} = \min \{\, D_i \cdot (1+r_i \cdot h/365) \,;\; [\, C_i \cdot P_t^{(s,h)} \cdot (1 - q_i / D^{eff_t}) \,] / (1 + LB_a) \,\} \quad (5)$$

Відповідно втрати за позицією та loss given default визначаються так:

$$LGD_i^{(s,h)} = \max \{\, 1 - R_i^{(s,h)} / [\, D_i \cdot (1+r_i \cdot h/365) \,] \,;\, 0 \,\} \quad (6)$$

Економічний зміст (6) відрізняється від класичного recovery-rate підходу. Збиток тут виникає не через відмову позичальника від платежу, а через те, що навіть примусовий продаж застави, зменшений на ліквідаційний бонус і ціновий вплив, не покриває борг повністю. У цьому сенсі XHF ближчий до liquidity-adjusted collateral coverage ratio, ніж до поведінкового скорингу.

3. Калібрування loss-PD та керуючого шару з урахуванням governance

У звичайних кредитних моделях LGD часто задається екзогенно або оцінюється на історичних recoveries. Для надзаставного DeFi-кредитування цього недостатньо, оскільки recovery тут залежить від поточної ціни застави, бонусу ліквідатору, короткогоризонтної ліквідності та того, яку частину боргу дозволяє погасити close-factor rule. Loss-PD у моделі задається через логіт-специфікацію:

$$PD_i^{(loss)} = \Lambda\,[\,\beta 0 + \beta 1\cdot(1-HF^{m}_i)_+ + \beta 2\cdot(1-XHF_i^{(s,h)})_+ + \beta 3\cdot Gap_a\,] \quad (7)$$

де Gap_a = h/7 — нормований governance lag; Λ(·) — логістичне перетворення; (x)_+ = max{x;0}. Інтерсепт β0 прив'язано не до вигаданої вибірки, а до protocol-level anchor. За даними Aave, з 2020 р. до початку лютого 2026 р. протокол обробив понад 310 тис. ліквідацій на суму 4,65 млрд дол. США, що становить близько 3,3% cumulative borrow transactions [17]. Оскільки збиткова ліквідація є вужчою подією, базову loss-PD для спокійного режиму задано нижче цього рівня — як консервативний калібрувальний орієнтир, а не як оцінену історичну частоту.

Очікувані втрати за позицією та пулом відповідно дорівнюють:

$$EL_i^{(s,h)} = EAD_i^{(s,h)} \cdot PD_i^{(loss)} \cdot LGD_i^{(s,h)}, \quad EAD_i^{(s,h)} = D_i\cdot(1+r_i\cdot h/365) \quad (8)$$

$$EL_t^{(pool)} = \Sigma_i\, EL_i^{(s,h)} \quad (9)$$

Щоб перетворити оцінений EL на керуючу дію, вводиться decision layer з урахуванням governance. Нехай θ_a=(LTV_a, LT_a, LB_a, Cap_a, h_a) — вектор керованих параметрів для активу a. Тоді протокол шукає state-contingent вектор, який мінімізує expected loss з урахуванням втрати капітальної ефективності та вартості надмірно частих змін:

$$\theta_a^* = \arg\min_{\theta \in \Omega_a} \{ EL_a(\theta) + \lambda 1 \cdot CE_a(\theta) + \lambda 2 \cdot Turn_a(\theta) \} \quad (10)$$

де CE_a(θ) — штраф за погіршення capital efficiency, а Turn_a(θ) — штраф за надмірну частоту змін. Governance у цій моделі не є фоновим елементом: часовий лаг безпосередньо входить у loss-PD і через горизонт h впливає на XHF та LGD.

4. Дані, калібрування та сценарний дизайн

Калібрування спирається на два типи вхідних даних. Перший блок — це фактично спостережувані протокольні та ринкові параметри: ціни базових активів, заставні коефіцієнти Aave, історична статистика ліквідацій і ліквідність ключових DEX-маршрутів. Саме ці змінні формують емпіричний каркас моделі. Їх наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Спостережувані вхідні дані для калібрування моделі SLG-EL

Спостережуваний вхід	Значення	Джерело
Спостережний спотовий рівень ETH, початок березня 2026 р.	~$1 981	[18]
Спостережний спотовий рівень WBTC, початок березня 2026 р.	~$67 905	[18]
Ліквідації Aave з 2020 р. до початку лютого 2026 р.	понад 310 тис. подій; $4,65 млрд; 3,3% cumulative borrow transactions	[17]
Обсяг all-time borrowing volume Aave	$982 млрд; частка ліквідацій у ньому - близько 0,45%	[17]
Ліквідність WETH/USDC 0,05% на Uniswap V3 Ethereum	близько $92,0 млн pooled liquidity	[19]
Ліквідність WBTC/WETH на Uniswap V3 Ethereum	близько $47,8 млн pooled liquidity	[19]

Governance process Aave	мінімум близько 19 днів для стандартного циклу; on-chain delay і queue timelock - по 1 дню	[15]
Параметри WETH на Aave v3 Ethereum	LTV 80,5%; LT 83%; LB 5%	[16]
Параметри WBTC на Aave v3 Ethereum	LTV 73%; LT 78%; LB 5%	[16]

Джерело: розраховано та узагальнено автором на основі [15-19]

Таблиця 1 відокремлює спостережувані входи від подальших сценарних припущень. Це важливо для коректної інтерпретації моделі: дані про ціни, ліквідність, параметри забезпечення та історичні ліквідації слугують опорною базою калібрування, але самі по собі не визначають поведінку стресових режимів.

Другий блок становлять авторські сценарні припущення. Три репрезентативні позиції — WETH-M (100 WETH collateral, 145 тис. USDC debt), WETH-W (1000 WETH collateral, 1,45 млн USDC debt) та WBTC-W (25 WBTC collateral, 1,30 млн USDC debt) — використано не як статистично репрезентативну вибірку, а як конструкції, що дозволяють зіставити розмір позиції з доступною глибиною ринку.

Таблиця 2

Сценарні припущення для режимів моделі

Режим	**Ціновий haircut χ**	**ω_s**	**h**	**Економічна інтерпретація**
Нормальний	5%	0.25	1 день	Висока доступність глибини, короткий лаг реакції, помірний ринковий шок
Крихкий	15%	0.10	3 дні	Часткове стиснення ліквідності, підвищена волатильність, помітний лаг реакції

Стресовий	25%	0.05	7 днів	Різкий ціновий шок, істотне скорочення глибини, тривалий лаг реакції

Джерело: складено автором на основі відкритих протокольних і ринкових джерел

Результати. На основі наведених входів і сценарних параметрів виконано розрахунки для репрезентативних позицій. Такий дизайн свідомо не маскується під повний панельний back-test: його завданням є показати, як змінюються HF, XHF, PD_loss, LGD та EL за різних режимів ринку.

Таблиця 3

Результати сценарного оцінювання репрезентативних позицій

Позиція	**Режим**	HF^m після шоку	**XHF**	PD_loss	**LGD**	**EL, USD**
WETH-M	Нормальний	1.077	1.233	1.69%	0.00%	0
WETH-M	Крихкий	0.964	1.100	2.29%	0.00%	0
WETH-M	Стресовий	0.850	0.957	4.83%	4.30%	301
WETH-W	Нормальний	1.077	1.214	1.69%	0.00%	0
WETH-W	Крихкий	0.964	1.056	2.29%	0.00%	0
WETH-W	Стресовий	0.850	0.802	6.02%	19.80%	17 308
WBTC-W	Нормальний	0.972	1.122	1.78%	0.00%	0
WBTC-W	Крихкий	0.870	0.773	3.83%	22.72%	11 321
WBTC-W	Стресовий	0.767	0.427	11.71%	57.28%	87 356

Джерело: складено автором на основі відкритих протокольних і ринкових джерел

Таблиця 3 дає підстави для кількох важливих висновків. Насамперед стандартний health factor і XHF не збігаються. Для WETH-M у крихкому режимі HF^m уже опускається нижче 1, але XHF ще перевищує 1,1; отже,

ліквідаційний тригер виникає раніше, ніж фактична загроза дефіциту покриття. За нормальних умов це дає протоколу часовий запас для захисної реакції.

Не менш важливим є співвідношення між розміром позиції та доступною глибиною ринку. Для WETH-W у стресовому режимі XHF знижується до 0,802, а LGD досягає 19,8%. Для WBTC-W ефект ще різкіший: через нижчу короткогоризонтну ліквідність XHF падає до 0,427, LGD зростає до 57,28%, а expected loss перевищує 87 тис. дол. США. Тому один і той самий формальний liquidation trigger не означає однакової втрати для протоколу.

Рис. 2 узагальнює ці відмінності на рівні сценаріїв і показує, як швидко зростають очікувані втрати, коли позиція стає великою відносно доступної глибини ринку.

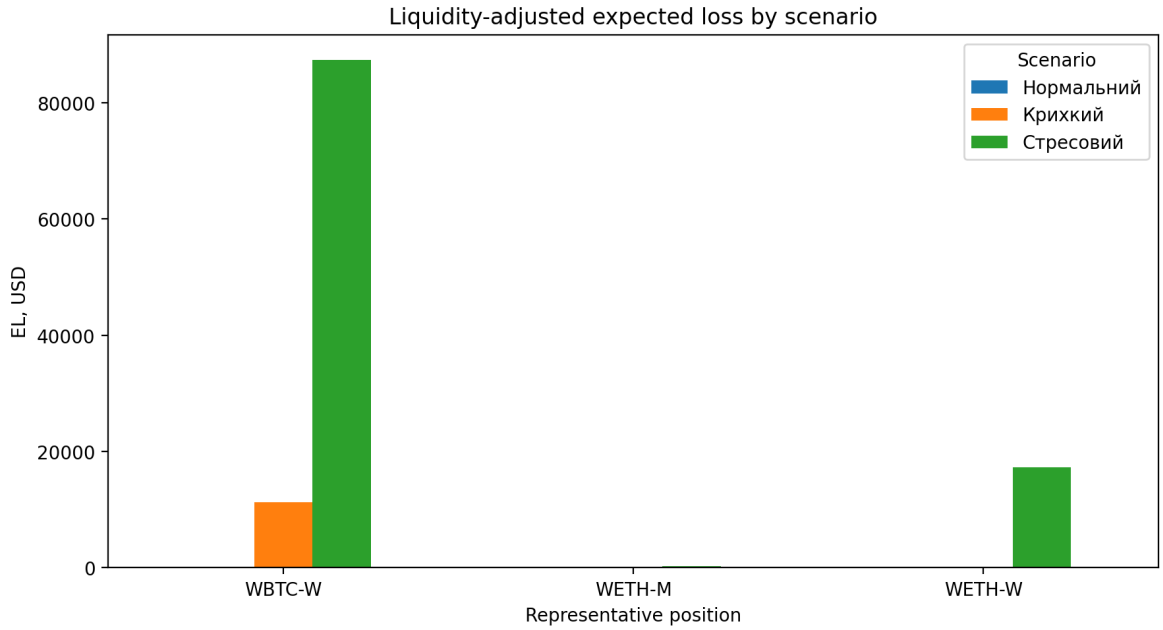


Рис. 2. Ліквідність-скориговані очікувані втрати за сценаріями для репрезентативних позицій

Джерело: розраховано автором

Отримані на рис. 2 результати свідчать, що масштаб очікуваних втрат визначається не лише сценарієм ринку, а й структурою конкретної позиції

та ліквідністю застави. Тому наступним кроком є агрегування цих оцінок на рівні умовного мініпортфеля з подальшим визначенням доцільних керуючих рішень, що подано в табл. 4.

Таблиця 4

Агреговані результати для умовного мініпортфеля та рекомендовані керуючі дії

Режим	EAD пулу, USD	EL пулу, USD	EL/EAD	Рекомендована дія
Нормальний	21 000 000	0	0.00%	Поточні параметри зберігаються; достатньо регулярного моніторингу XHF
Крихкий	21 000 000	56 605	0.27%	Доцільне зниження borrow caps для активів з мілкою ліквідністю, прискорений маршрут для risk-reducing рішень, вища частота моніторингу
Стресовий	21 000 000	538 390	2.56%	Доцільні нижчий LTV для illiquid collateral, обережніше LT, вищий liquidation bonus та можливе переведення активу в ізоляційний режим

Джерело: складено автором на основі відкритих протокольних і ринкових джерел

Інтерпретація результатів і наукова новизна

Отримані результати свідчать, що модель SLG-EL придатна не лише для аналітичного пояснення втрат, а й для їх переведення у керуючі дії протоколу. Її практична цінність полягає в тому, що різні параметри керування — LTV, LT, liquidation bonus, caps, режими ізоляції — отримують спільну loss-based мову прийняття рішень. Це дозволяє перейти від статичної заставної логіки до режимно-залежного управління ризиком.

У традиційному банківському середовищі подібну роль виконують зв'язки між PD/LGD-моделями, haircut policy, provisioning та early-warning triggers. У DeFi функціональними аналогами виступають параметри

забезпечення, боргові обмеження, liquidation bonus і маршрути governance-рішень. Важливо, однак, що запропонований підхід не копіює банківські моделі механічно, а адаптує їхню економічну логіку до ліквідаційної природи DeFi-кредиту.

Перший елемент наукової новизни полягає у зміні самого критерію дефолту: у моделі DeFi-кредиту він трактується як збиткова ліквідація, а не як сам факт liquidation eligibility. Це зміщує фокус із формального порога на момент виникнення реальної втрати.

Другий елемент новизни — показник XHF, який коригує стандартний health factor на стресову ціну, liquidation bonus, короткогоризонтну ліквідність і часовий лаг реакції. На відміну від звичайного HF, він вимірює не лише близькість до ліквідації, а й достатність застави для бездефіцитного погашення боргу.

Третій елемент новизни пов'язаний з інтеграцією state layer, liquidity layer і governance layer в єдину конструкцію PD, LGD та EL. У більшості наявних праць ці елементи аналізуються окремо; у цій статті вони зведені в прикладну модель для конкретного протоколу.

Нарешті, показано, як оцінений expected loss може бути безпосередньо трансформований у рішення щодо LTV, LT, liquidation bonus, caps і швидкості governance-процесу. Саме перехід від аналітичної оцінки до policy-output становить прикладний внесок моделі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Запропонована модель зміщує центр аналізу з формального питання «коли позиція стає ліквідаційно придатною?» до економічного питання «коли ліквідація перестає бути беззбитковою для протоколу?». Саме тому її аналітичне ядро становить поєднання стандартного health factor, виконуваного показника безпечності позиції XHF та ліквідність-скоригованої recovery-функції.

Сценарне калібрування для Aave v3 Ethereum виявило виражену нелінійність втрат. Для ETH-застави протокол зберігає стійкість у

нормальному та крихкому режимах, тоді як для великих BTC-collateralized позицій збиткова ліквідація може виникати ще до повного стресового режиму через нижчу доступну глибину ринку. Отже, однаковий HF не означає однаковий EL; вирішальними стають size-to-depth ratio та governance lag.

З практичного погляду це означає, що DeFi risk management доцільно будувати не лише навколо статичних collateral heuristics, а й навколо loss-based parameterization. Для активів із глибокою ліквідністю можливий більш капіталоефективний режим, тоді як для shallow-depth collateral потрібні нижчі caps, обережніші параметри застави та коротший шлях для risk-reducing governance decisions.

Водночас результати слід тлумачити з огляду на межі дослідницького дизайну: модель є scenario-based і спирається на репрезентативні позиції, а не на повну панель історичних спостережень. Подальші дослідження доцільно зосередити на позиційному back-test для Aave і Compound, уточненні функції виконуваної ліквідності для альтернативних DEX-маршрутів та поширенні підходу на мультизаставні портфелі.

Література

1. Werner S. M., Perez D., Gudgeon L., Klages-Mundt A., Harz D., Knottenbelt W. J. SoK: Decentralized Finance (DeFi). Proceedings of the 4th ACM Conference on Advances in Financial Technologies. 2022. https://doi.org/10.1145/3558535.3559780.

2. Gudgeon L., Werner S. M., Perez D., Knottenbelt W. J. DeFi protocols for loanable funds: interest rates, liquidity and market efficiency. Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies. 2020. https://doi.org/10.1145/3419614.3423254.

3. Qin K., Zhou L., Afonin D., Lazzaretti L., Gervais A. An empirical study of DeFi liquidations: incentives, risks, and instabilities. Proceedings of the 2021

ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. 2021. https://doi.org/10.1145/3487552.3487811.

4. Cornelli G., Gambacorta L., Garratt R., Reghezza A. Why DeFi lending? Evidence from Aave V2. Journal of Financial Intermediation. 2025. Vol. 63. Article 101166. https://doi.org/10.1016/j.jfi.2025.101166.

5. Gadzinski G., Liuzzi V. Do liquidations discourage lending in DeFi? Economics Letters. 2025. Vol. 255. Article 112537. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2025.112537.

6. Nguyen M. H., Nguyen B. T., Pham H., Thi Thu P. T. et al. The determinants of funding liquidity risk in decentralized lending. Global Finance Journal. 2025. Article 101055. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2024.101055.

7. Brauneis A., Mestel R., Riordan R., Theissen E. Bitcoin unchained: determinants of cryptocurrency exchange liquidity. Journal of Empirical Finance. 2022. Vol. 69. P. 106-122. https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2022.08.004.

8. Cartea A., Drissi F., Monga M. Decentralised finance and automated market making: execution and speculation. Journal of Economic Dynamics and Control. 2025. Vol. 177. Article 105134. https://doi.org/10.1016/j.jedc.2025.105134.

9. Makarov I., Schoar A. Trading and arbitrage in cryptocurrency markets. Journal of Financial Economics. 2020. Vol. 135(2). P. 293-319. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.07.001.

10. Baesens B., Smedts K. Boosting credit risk models. The British Accounting Review. 2025. Vol. 57(4). Article 101241. https://doi.org/10.1016/j.bar.2023.101241.

11. Stepankova B., Teply P. Consistency of banks' internal probability of default estimates: empirical evidence from the COVID-19 crisis. Journal of Banking & Finance. 2023. Vol. 154. Article 106969. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2023.106969.

12. Botha A., Verster T. Approaches for modelling the term-structure of default risk under IFRS 9: a tutorial using discrete-time survival analysis. International Journal of Data Science and Analytics. 2026. Vol. 22. https://doi.org/10.1007/s41060-026-01032-w.

13. Caccioli F., Ferrara G., Ramadiah A., others. Modelling fire sale contagion across banks and non-banks. Journal of Financial Stability. 2024. Vol. 71. Article 101231. https://doi.org/10.1016/j.jfs.2024.101231.

14. Aspris A., Svec J. Locked in, levered up: risk, return, and ruin in DeFi lending. The British Accounting Review. 2025. Article 101691. https://doi.org/10.1016/j.bar.2025.101691.

15. Aave Governance. Aave Governance Process Document v1. URL: https://governance.aave.com/t/aave-governance-process-document-v1/18577 (дата звернення: 07.03.2026).

16. Aave Protocol Documentation. Aave Protocol Parameter Dashboard. URL: https://aave.com/docs/resources/parameters (дата звернення: 07.03.2026).

17. Aave Labs. How Aave Liquidations Perform Under Volatile Conditions. URL: https://aave.com/blog/historical-liquidations (дата звернення: 07.03.2026).

18. CoinGecko. Market data for Ethereum and Wrapped Bitcoin. URL: https://www.coingecko.com/ (дата звернення: 07.03.2026).

19. GeckoTerminal. WETH/USDC and WBTC/WETH pools on Ethereum. URL: https://www.geckoterminal.com/eth (дата звернення: 07.03.2026).

20. Aave Help. Health Factor & Liquidations. URL: https://aave.com/help/borrowing/liquidations (дата звернення: 07.03.2026).