УДК 004.9:336.76

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ З УРАХУВАННЯМ ОЦІНКИ РИЗИКУ

Зубач А.О.[1]; Гайдаєнко О.В., к.т.н., доц.[2]
[1,2] Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
[1,2] Україна, Миколаїв
[1] zubach.artem@gmail.com; [2] oksana.gaidaienko@nuos.edu.ua

***Анотація.*** *Досліджено методи оптимізації портфеля з банківськими, брокерськими та криптоактивами. Методи Марковіца, Блека–Літтермана і мінімізації CVaR порівняно на гривневих даних 2023–2026 рр. з урахуванням ризику, витрат і обмежень профілю. Запропоновано правило ребалансування з пріоритетом обмежень і розроблено концептуальний прототип системи підтримки прийняття рішень.*
***Ключові слова:*** *оптимізація портфеля; Value-at-Risk; Expected Shortfall; модель Блека–Літтермана; ребалансування; система підтримки прийняття рішень.*

**Вступна частина.** Приватний інвестор дедалі частіше тримає капітал одночасно в банку, у брокера й на криптобіржі. Ці установи не обмінюються даними, тому сукупний ризик портфеля непомітний для інвестора, а класичні методи оптимізації [1–3] здебільшого порівнюють на однорідних ринках без урахування витрат на угоди й обмежень конкретного інвестора [5]. Для гривневого портфеля з криптоактивами додаються важкі хвости розподілу дохідностей і стрибки валютного курсу, через які параметричні оцінки ризику можуть бути некоректними.

**Метою дослідження** є підвищення ефективності методів оптимізації різнорідного портфеля приватного інвестора за рахунок урахування оцінки ризику, транзакційних витрат і обмежень його профілю.

**Основна частина.** Ризик портфеля оцінено показниками VaR — втрата, яку за один день з імовірністю 95 % не буде перевищено, — і Expected Shortfall (ES) — середня втрата в найгірших 5 % днів. Перевірка на історичних даних [4] показала, що надійні оцінки дають історичне моделювання і метод Монте-Карло, а формула Корніша–Фішера для такого портфеля часто занижує ризик.

Порівнювалися методи Марковіца (M1) [1], Блека–Літтермана (M2) [2] і мінімізації CVaR (M3) [3], а також дві стратегії без системи — «рівні частки» (B1) і «купити й тримати» (B2). Портфель складався з депозитів у гривні й доларах США, фонду на індекс S&P 500, біткоїна та ефіру; період — 02.01.2023–22.05.2026, профіль помірний (криптоактиви — не більше 20 % вартості), витрати на угоду — 0,2 % її суми.

Якщо змінювати портфель лише тоді, коли очікуваний виграш E більший за витрати C, оптимізовані портфелі більшу частину часу перебувають поза профілем. Тому запропоновано правило з пріоритетом обмежень: якщо поточна структура $w^0$ порушує профіль, нову структуру $w^*$ шукають обов'язково і із запасом $\beta = 5$ % від меж; інакше портфель змінюють лише за умови $E > C$:

$$w^* \in \mathcal{W}_\beta, \text{ якщо } w^0 \notin \mathcal{W}; \quad \text{перехід до } w^*, \text{ якщо } w^0 \in \mathcal{W} \text{ і } E > C, \tag{1}$$

де $\mathcal{W}$ — структури, що відповідають профілю; $\mathcal{W}_\beta$ — ті з них, що віддалені від меж щонайменше на $\beta$. Результати порівняння за цим правилом наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати порівняння методів (β = 5 %)

| **Показник** | **M1** | **M2** | **M3** | **B1** | **B2** |
|---|---|---|---|---|---|
| Коефіцієнт Шарпа | 0,89 | **1,06** | 1,05 | 0,78 | 0,75 |
| Найбільша просадка, % | 17,5 | 16,8 | **15,6** | 24,5 | 23,9 |
| Сумарні витрати, тис. грн | 5,9 | 1,8 | 1,6 | 3,0 | 0,0 |
| Кількість ребалансувань | 22 | 28 | 7 | 10 | 0 |
| Частка днів поза профілем, % | 0 | 0 | 0 | 100 | 99,9 |

Жоден метод не вийшов за межі профілю. Найкращий баланс дохідності, ризику й витрат показав метод Блека–Літтермана (M2): найвищий коефіцієнт Шарпа, тобто дохідність на одиницю ризику, і стабільна структура. Стратегії без системи наприкінці періоду коштують більше, але майже весь час тримають понад 20 % вартості в криптоактивах і падають глибше.

На основі цих результатів розроблено концептуальний прототип системи підтримки прийняття рішень. Система лише читає дані банку, брокера і криптобіржі, перераховує їх у гривню, оцінює ризик і за правилом (1) вирішує, чи потрібна зміна портфеля. Стан портфеля інвестор бачить на панелі капіталу (рис. 1): у демонстраційному прикладі частка криптоактивів (28,3 %) перевищує межу 20 %.

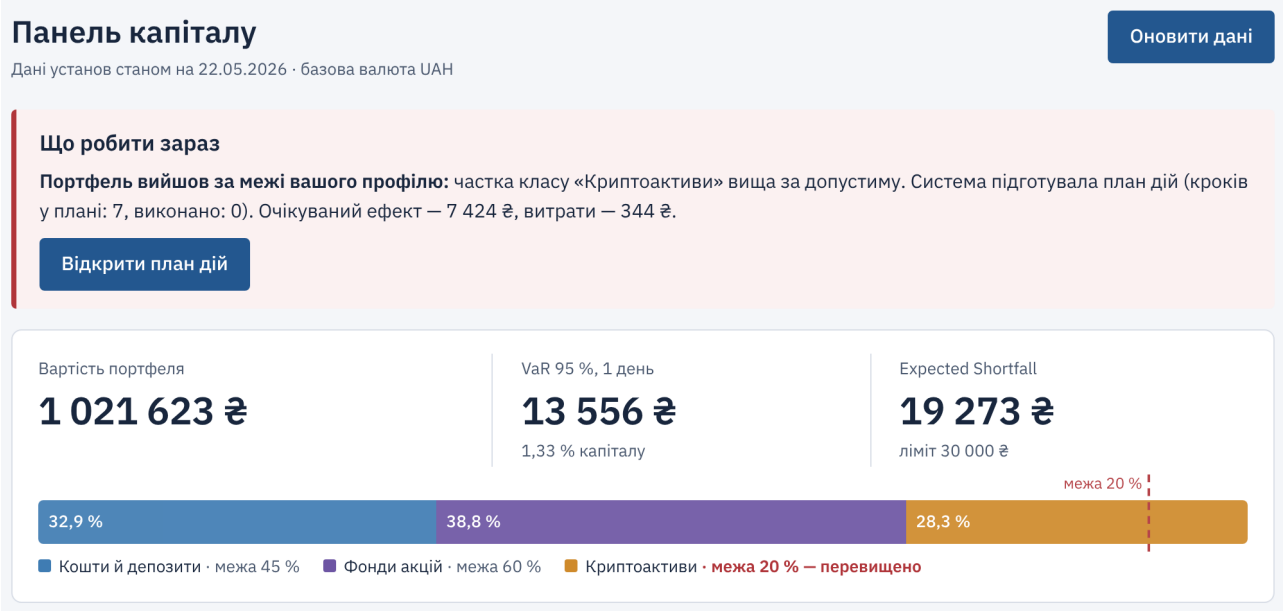



Рис. 1 – Панель капіталу концептуального прототипу системи

На сторінці профілю ризику (рис. 2) інвестор задає межі часток і ліміт ризику, а система показує структуру, рекомендовану методом M2. Цю рекомендацію вона перетворює на покроковий план продажів, переказів і купівель; угоди інвестор укладає сам, а крок вважається виконаним лише після підтвердження даними установи.

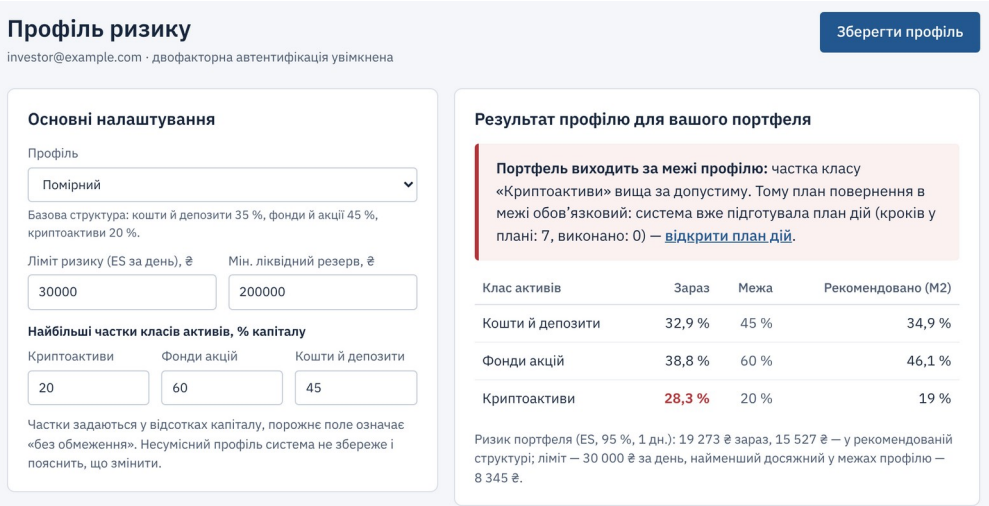



Рис. 2 – Профіль ризику і рекомендована структура портфеля

**Висновки.** Для гривневого різнорідного портфеля надійні оцінки ризику дають історичне моделювання і метод Монте-Карло, а розклад Корніша–Фішера потребує перевірки коректності. Правило ребалансування з пріоритетом обмежень і запасом від меж усуває порушення профілю без надмірної кількості угод; серед методів найкращий баланс дохідності й ризику показав метод Блека–Літтермана. Розроблений концептуальний прототип системи в режимі лише читання об'єднує дані установ, оцінює ризик і формує покроковий план дій, залишаючи рішення за інвестором. Результати отримано на одному історичному періоді й п'яти активах, тому подальші дослідження доцільно спрямувати на інші періоди та склад портфеля.

**Використання інструментів ШІ.** ШІ-асистент Claude компанії Anthropic (модель Claude Opus 5.5) використано як допоміжний інструмент для пошуку й відбору джерел, перевірки узгодженості числових результатів і редагування тексту тез, а також під час розроблення концептуального прототипу, на якому отримано результати основної частини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Pedersen, L. H., Babu, A., & Levine, A. (2021). Enhanced portfolio optimization. *Financial Analysts Journal, 77*(2), 124–151. https://doi.org/10.1080/0015198X.2020.1854543
[2] Chen, S. D., & Lim, A. E. B. (2020). A generalized Black–Litterman model. *Operations Research, 68*(2), 381–410. https://doi.org/10.1287/opre.2019.1893
[3] Ben Osman, M., Galariotis, E., Guesmi, K., Hamdi, H., & Naoui, K. (2023). Diversification in financial and crypto markets. *International Review of Financial Analysis, 89*, 102785. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102785
[4] Bayer, S., & Dimitriadis, T. (2022). Regression-based expected shortfall backtesting. *Journal of Financial Econometrics, 20*(3), 437–471. https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbaa013
[5] Palomar, D. P. (2025). *Portfolio optimization: Theory and application*. Cambridge University Press.

Zubach A.O., Haidaienko O.V.

**Study of optimization methods for an investment portfolio considering risk assessment**

***Abstract.*** *Methods of optimizing an investor's portfolio of bank, brokerage and crypto assets are studied. The Markowitz, Black–Litterman and CVaR minimization methods are compared on hryvnia data for 2023–2026, taking into account risk, costs and profile constraints. A constraint-priority rebalancing rule is proposed, and a conceptual prototype of a decision support system is developed.*

***Keywords:*** *portfolio optimization; Value-at-Risk; Expected Shortfall; Black–Litterman model; rebalancing; decision support system.*