

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Економічний факультет

Кафедра економічної кібернетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**«Моделювання ризиків інвестування в криптовалюту з врахуванням ESG
критеріїв»**

студента 4 курсу

спеціальності 051 «Економіка»

ОПП «Економічна кібернетика»

денної форми навчання

Стародубця

Ярослава

Віталійовича

Науковий керівник:

доктор економічних наук,

професор

Камінський Андрій Борисович

Засвідчую, що у цій дипломній

роботі немає запозичень із

праць інших авторів без

відповідних посилань

Студент _____

(підпис)

Роботу допущено до захисту перед ЕК
рішенням кафедри економічної кібернетики
від 5 червня 2024 р., протокол № 15

Завідувач кафедри:

доктор економічних наук, професор

Ляшенко Олена Ігорівна

(підпис)

КИЇВ – 2024

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить: 89 ст., 27 рис., 15 табл., 37 джерел, додатки

Ключові слова: криптовалюта, інвестування, ETF, ESG критерії, кластер, міри ризику, доходність, показники, оптимальний портфель.

Об'єкт дослідження: оптимальні інвестиційні портфелі з криптовалют з врахуванням ESG критеріїв та без врахування відповідних критеріїв.

Мета дослідження: моделювання ризиків інвестування в криптовалюту, їх оцінка, а також врахування ESG критеріїв при формуванні інвестиційних портфелів.

Методи дослідження: аналіз відповідної літератури стосовно інвестування в криптовалюту; вивчення та аналіз розрахунків основних мір ринкового ризику для їх обрахунку на основі кластерів з криптовалют. Використання портфельної теорії Марковіца а також інвестиційних показників VAWI та K-Ratio. Загалом вивчення методологічних підходів моделювання ризиків інвестицій та побудови оптимальних інвестиційних портфелів, а також застосування ESG до криптовалют.

Наукова новизна, теоретична значимість: Розрахунок основних мір ризику, а також побудова оптимальних інвестиційних портфелів на основі кластеризації криптовалют на основі ESG скорингом за кожною складовою.

Практична цінність: робота є цінною інформацією для інвесторів, які зацікавлені не тільки в заробітку від інвестицій, але також свідомо ставляться до сталого розвитку, а також до ESG для криптовалюти. Тобто в залежності від бажань та поглядів інвестора стосовно різних аспектів ESG він обирає для себе портфель з бажаними параметрами доходності та ризику. Також дана робота містить детальних аналіз мір ризику для кожного кластеру, що стане важливою додатковою інформацією для інвестора.

RESUME

Taras Shevchenko National University of Kyiv,

Faculty of Economics, Department of Economic Cybernetics

Key words: cryptocurrency, investing, ETFs, ESG criteria, cluster, risk measures, returns, metrics, optimal portfolio.

The graduation research of student Yaroslav Starodubets deals with modelling the risks of investing in cryptocurrencies, their assessment, and taking into account ESG criteria when forming investment portfolios.

The work is interesting for investors who are interested not only in earning money from investments, but also in sustainable development and ESG for cryptocurrencies.

Pages 89, tables 15, bibliog. 37, figures 27, append. 3

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I. Криптовалюта як інвестиційний інструмент	8
1.1. Поняття формування інвестиційного портфеля, його принципи та цілі ..	8
1.2. Що таке криптовалюта сьогодні, як вона працює, кластеризація криптовалюти, її розвиток у розрізі років	11
1.3. Використання інвестицій в криптовалюту. ETF інструменти	23
1.4. Що таке ESG фактори для криптовалюти.....	33
РОЗДІЛ II. Концептуальні підходи до оцінки ризику криптовалют	38
2.1. Data mining – збір даних для досліджень.....	38
2.2. Оцінка ризику на основі мір ринкового ризику	44
2.3. Розрахунок показників VAWI та K-ratio	59
РОЗДІЛ III. Моделювання ризику на основі портфельного підходу	69
3.1. Загальна задача портфельного підходу.....	69
3.2. Аналіз взаємозв'язку між доходністю криптовалют за кожним кластером	77
3.3. Побудова оптимальних інвестиційних портфелів	80
3.4. Розрахунок VAWI та K-ratio для оптимальних інвестиційних портфелів	84
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
ДОДАТКИ.....	94

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасному світі, досліджуючи різні напрями фінансової та економічної діяльності, ми дуже часто зустрічаємось з таким поняттям як інвестиції. Усі держави світу, фізичні та юридичні особи та навіть кожен з нас інвестує кошти, звичайно це робиться з метою одержання прибутку, тим більше успішні інвестиції є індикатором економічного зростання як людини та підприємства окремо так і країни у цілому. Але для того, щоб отримати максимальний дохід при мінімальних ризиках ми повинні диверсифікувати наші інвестиції, тобто вкладати кошти в різні активи. Саме створення оптимального портфеля та вибір стратегії управління вважають однією з основних проблем у теорії інвестицій на даний момент.

Впевнено можна сказати, що всі чули про цінні папери і всі знають що вже давно це вважається основним напрямком інвестуванням, але постійний проривний технологічний прогрес разом з розвитком економіки спричиняє появу різних інновацій, звичайно однією з них є криптовалюта. Зараз напевно кожен хоча б раз чув про криптовалюту або про біткоїн, як найвідомішу цифрову монету. Криптовалюта – це цифрова валюта, яка заснована на блокчейн-технології та захищена криптографією; якої ми не можемо торкнутися і яка не підкріплена фіатною валютою, але технології якої вже активно використовуються на сучасному етапі розвитку технологій.

Криптовалюта – це про ризик, але й про високий дохід, це про анонімність, децентралізацію та про майбутнє, саме тому ця технологія така популярна. Станом на початок 2024 року більше ніж 300 мільйонів людей володіє криптоактиви, у т.ч. біткоїном (BTC) та ефіром (ETH) [1], також, що цікаво, Україна посіла 5 місце в світі в рейтингу впровадження криптовалюти, який на рахується на основі 5 різних підіндексів [2], а сьогодні уже можна розраховуватись криптовалютою в аптеках, на заправках, в різних магазинах з технікою, тощо, робітникам видають зарплату у криптовалюті, навіть посадовці вже декларують свої статки в криптовалюті та уряд деяких держав інвестує у ці цифрові активи.

Але, попри всі переваги криптовалют, вони є дуже волатильними, ризиковими активами та легко піддаються впливу зовнішніх факторів, таких як війна, різні кризи, макроекономічні показники, падіння міжнародних індексів, тощо, тому відповідне інвестування повинно передбачати моделювання ризиків та оцінку ризиків такого інвестування.

Також дуже важливим аспектом даної роботи є врахуванням ESG критеріїв при оцінці ризику інвестування в різні криптовалюти (монети та токени) та їх ESG (Environment, Social and Governance) рейтинг, який показує наскільки та чи інша монета або блокчейн відповідає сталому розвитку, що є дуже популярним напрямком дослідження останніх років.

Підсумовуючи, можна сказати, актуальність дослідження цієї теми є дуже високою.

Тож, **мета дослідження** полягає у моделюванні ризиків інвестування в криптовалюту, їх оцінку, а також врахування ESG критеріїв при формуванні інвестиційних портфелів.

Досягнення мети обумовило необхідність визначення таких завдань:

- дослідити поняття інвестиційного портфеля, принципи та цілі його формування;
- розглянути детально що таке криптовалюта сьогодні та основні її види;
- описати використання криптовалюти як реального способу інвестицій сьогодні, розглянути ETF інструменти;
- описати ESG фактори пов'язані з криптовалютою;
- сформувати вибірку з 40 криптовалют та зробити кластеризацію за ESG, оцінити ризик інвестування в них на основі мір ринкового ризику, зробити аналіз результатів розрахунку ризику з врахуванням ESG.
- сформувати інвестиційні портфелі за кластерами з криптовалют з врахуванням та без врахування ESG критеріїв, порівняти їх.

Об'єктом дослідження є оптимальні інвестиційні портфелі з криптовалют з врахуванням ESG критеріїв та без врахування відповідних критеріїв.

Предмет дослідження – дослідження ризиків інвестування в криптовалюти з врахування кластеризації за ESG критеріями.

РОЗДІЛ I. Криптовалюта як інвестиційний інструмент

1.1. Поняття формування інвестиційного портфеля, його принципи та цілі

У сучасному світі інвестицій термін "інвестиційний портфель" є невід'ємною частиною діяльності інвесторів. Це пояснюється тим, що розумні інвестори, прагнучи високих та стабільних доходів, не забувають про правила ризик-менеджменту. Одне з таких правил – це вкладення коштів у декілька активів або фінансових інструментів, що призводить до диверсифікації ризиків через формування інвестиційного портфеля.

Інвестиційний портфель визначається як сукупність різних активів, які відрізняються за видом, терміном дії та ліквідністю. Це можуть бути акції та облігації, нерухомість, криптовалюта, грошові кошти та їх еквіваленти, включно із закритими фондами та біржовими фондами (ETF). Усі ці активи належать одній фізичній або юридичній особі з метою збалансування ризиків та прибутку для досягнення інвестиційних цілей та стратегії інвестора.

Інвестиції поділяють на фінансові та реальні залежно від форми вкладень, і відповідно до цього формується інвестиційний портфель. Є багато підходів до визначення сутності цих видів інвестицій. Реальні інвестиції – це вкладення коштів у реальні активи, як матеріальні, так і нематеріальні (іноді вкладення у нематеріальні активи, пов'язані з науково-технічним прогресом, називають інноваційними інвестиціями). Фінансові інвестиції – це вкладення коштів у різні фінансові активи, серед яких найбільш значну частку складають цінні папери [3].

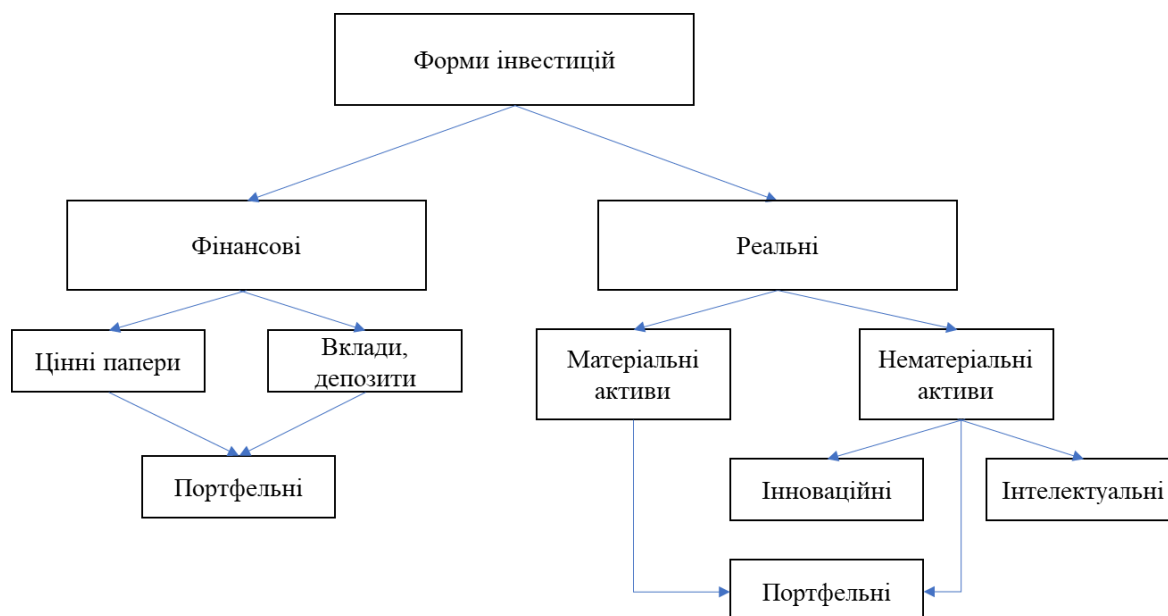


Рис 1.1. Форми інвестицій

Джерело: розрахунки автора

Вибір інвестиційного портфеля залежить не тільки від привабливості активів, але й від можливостей і капіталу самого інвестора. Зазвичай цілі та завдання інвестора закладаються в основу його інвестиційної політики та стратегії. Для їх визначення кожен інвестор може співпрацювати з командою спеціалістів або встановлювати їх самостійно.

На практиці цілі інвестування можуть бути різними, але основна мета завжди полягає в отриманні прибутку. Під "метами інвестування" розуміються конкретні фінансові завдання, які інвестор прагне досягти шляхом вкладення своїх накопичень у певні інструменти. [4].

Наразі прийнято виділяти три основні цілі інвестування:

- Збереження наявних накопичень.
- Примноження капіталу. Для досягнення цієї мети інвестори зазвичай обирають різні типи акцій, облігацій, векселів та ощадних сертифікатів. Рекомендується купувати лише перспективні цінні папери з високою ліквідністю, які можуть принести значний дохід у майбутньому.

- Зниження інвестиційних ризиків. Основна проблема інвесторів полягає в ризику втрати частини або всіх накопичень через неправильний вибір інструментів. Для мінімізації цього ризику професіонали радять розділити капітал на кілька частин та інвестувати їх у різні інструменти.

Вищезгадані цілі стосуються всіх фінансових інструментів, але залежно від додаткових цілей, ви обираєте відповідний актив. Серед поширених цілей інвестування є захист від інфляції, диверсифікація ризиків та мінімізація терміну повернення вкладень. Наприклад, захист від інфляції, накопичення грошей для великої покупки (автомобіль, квартира тощо) або створення джерела пасивного доходу.

Щоб досягти бажаних цілей при інвестуванні, під час формування інвестиційного портфеля слід враховувати наступні міркування:

- Безпека вкладень. Інвестиції повинні бути захищені від ринкових потрясінь.
- Стабільність доходу. Регулярне отримання прибутку.
- Ліквідність вкладень. Можливість швидкого перетворення інвестицій у готівку або їх використання для негайного придбання товарів чи послуг без значних втрат.

Жоден інвестиційний інструмент не володіє усіма цими характеристиками одночасно, тому необхідно знаходити компроміс. Зазвичай, надійні цінні папери мають низьку прибутковість, і навпаки, високоліквідні активи можуть значно коливатися у вартості, особливо у випадку криптовалют, де ціни можуть змінюватися на 20-100% за день через спекулятивні дії. Основна мета формування портфеля — досягти оптимального співвідношення між ризиком і доходом для інвестора.

Щоб успішно досягти своїх цілей та реалізувати стратегію, інвестор повинен дотримуватися основних принципів побудови класичного інвестиційного портфеля [3]:

- *Принцип консервативності.* Підтримується баланс між високонадійними та ризиковими частками таким чином, щоб можливі втрати від ризикових активів компенсувалися доходами від надійних. Це знижує інвестиційний ризик і сприяє отриманню стабільного доходу.
- *Принцип диверсифікації.* Диверсифікація вкладень є ключовим принципом портфельного інвестування. Вона базується на стародавній англійській приказці: **"do not pull all eggs in one basket"**. Не варто вкладати всі гроші в один тип активів або один інструмент, навіть якщо вони здаються дуже вигідними. Це допоможе уникнути значних збитків у разі помилки. Диверсифікація знижує ризик тим, що можливі низькі доходи від одних активів компенсуються високими доходами від інших. Мінімізація ризику досягається включенням у портфель активів із різних галузей, які не мають тісних зв'язків між собою, щоб уникнути синхронності циклічних коливань. Це так само актуально на ринку криптовалют, де різні токени та криптовалюти відрізняються за ліквідністю, ціною, капіталізацією, технологіями та секторами застосування.
- *Принцип достатньої ліквідності.* Полягає у підтримці частки швидкоореалізованих активів на рівні, достатньому для проведення високоприбуткових угод та задоволення потреб у коштах. Практика показує, що вигідніше тримати частину засобів у більш ліквідних (хоча і менш прибуткових) активах, щоб мати можливість швидко реагувати на зміни ринкових умов та вигідні пропозиції.

Головна мета портфельного інвестування — забезпечити такі інвестиційні характеристики, яких неможливо досягти, вкладаючи кошти лише в один об'єкт.

1.2. Що таке криптовалюта сьогодні, як вона працює, кластеризація криптовалют, її розвиток у розрізі років

Незважаючи на те, що зараз існує безліч ресурсів, відео, наукових статей, технічних документацій та просто звичайної інформації в інтернеті стосовно

того що таке криптовалюта, але я вважаю за потрібне ще раз згадати що таке криптовалюта та детальніше розібрати її основні переваги.

Криптовалюта – це цифровий аналог грошей, який, на відміну від традиційних валют, не має фізичного забезпечення. Одиницею обліку криптовалют є коїн, а їх створення базується на складних технологіях шифрування даних (криптографії). Термін "криптовалюта" увійшов у широкий вжиток після публікації статті "Crypto currency" у Forbes у 2011 році, хоча до цього біткоїн, наприклад, називали "електронною готівкою".

Біткоїн, перша і найвідоміша криптовалюта, працює на власному блокчейні. Його концепція була описана у "Whitepaper" Сатоші Накамото у 2008 році, а вже на початку 2009 року мережа біткоїн була запущена. Створення біткоїна стало реакцією на світову економічну кризу 2007-2008 років, спричинену кризою невиконання іпотек у США, неконтрольованою емісією ненадійних інвестиційних інструментів банками та недостатнім регулюванням банківської сфери з боку урядів.

Крипта децентралізована, оскільки працює завдяки обчислювальній роботі багатьох незалежних комп'ютерів, які називають нодами (вузлами). Саме децентралізація робить крипту альтернативою традиційним фінансам, які концентруються у банках.

Перші криптоентузіасти прагнули створити альтернативну фінансову систему, незалежну від урядів та банків. Технологія блокчейн дозволила реалізувати прямі перекази грошей (Peer-to-Peer) без посередників, що усунуло ризик маніпуляцій з боку ненадійних фінансових установ.

Коли користувач ініціює транзакцію, він використовує цифровий гаманець для зберігання криптовалюти. Транзакція передається в мережу, де її перевіряють інші користувачі (ноди). Після успішної перевірки транзакція додається до блокчейну, публічного реєстру всіх транзакцій у мережі. Таким чином, транзакція вважається завершеною, а право власності на криптовалюту переходить від одного користувача до іншого [5].

Відповідно до того, що криптовалюта як вже було згадано працює на блокчейні необхідно розглянути детальніше як працює блокчейн.

Як працює блокчейн?

Блокчейн функціонує як децентралізована база даних — дані розподіляються через мережу незалежних комп'ютерів, які називаються вузлами і якими керують користувачі мережі. Кожен запис називається блоком, а ці блоки утворюють ланцюг - саме тому технологія носить назву блокчейн.

Послідовність блоків утворює ланцюг, і дані, зашифровані в кожному з них, не можуть бути змінені без зміни попередніх блоків. Це забезпечує відносну безпеку бази даних, оскільки шахраям важко проникнути в дані без залишення слідів.

Деякі сервери обробляють ці дані для підтримки роботи системи, яка є автоматизованою через великий обсяг інформації. Основним механізмом управління тут є консенсус, схожий на парламент в мережі блокчейн, який схвалює або відхиляє кожну транзакцію.

Наприклад, біткоїн використовує алгоритм Proof-of-Work (PoW) для обробки даних, що називається майнінгом. Люди та компанії з потужними комп'ютерами запускають спеціальне програмне забезпечення, яке обробляє великий обсяг даних, і за це вони отримують винагороду у вигляді біткоїнів.

Для підтримки вартості криптовалют та запобігання інфляції періодично відбувається халвінг, який зменшує винагороду за видобуток нових блоків вдвічі. У біткоїні халвінг відбувається кожні 4 роки, і останній запланований на квітень 2024 року.

Через недоліки Proof-of-Work, такі як високі витрати на електроенергію, був розроблений алгоритм Proof-of-Stake (PoS), який використовується в таких проєктах, як Ethereum, Cardano, Tezos, Algorand, Solana та взагалі майже всіх проєктах. У цьому алгоритмі дані обробляються спеціальним програмним забезпеченням — смартконтрактами, які автоматично виконуються при досягненні певних умов.

Коли виникає питання про легітимність транзакції, користувачі з найбільшою кількістю токенів у мережі приймають рішення щодо неї. Щоб мотивувати користувачів тримати велику кількість токенів, існує стейкінг — блокування токенів на окремому смартконтракті на певний термін. Стейкери отримують винагороду у вигляді відсотків від заблокованих токенів, що нагадує банківський депозит, де банк винагороджує клієнта відсотками за підтримку ліквідності [5].

Основні переваги блокчейну, а отже і криптовалют у цілому [6]:

- 1) Прозорість: доступ до інформації про транзакції має кожний учасник мережі;
- 2) Анонімність: особисті дані не зберігаються і не передаються, важливі тільки номери рахунків і паролі доступу;
- 3) Децентралізація: система не має єдиного центру контролю, всі учасники мають рівні права;
- 4) Відповідальність: кожний учасник особисто відповідає за власні транзакції, скасувати платіж чи повернути гроші неможливо;
- 5) Захищеність: неможливо змінити інформацію, яка вже записана в ланцюг. Вона зберігається назавжди і може бути перевірена кожним учасником.
- 6) Програмованість: існує багато програмованих криптовалют, таких як ЕТН. Вони дозволяють розробникам впроваджувати смарт-контракти та створювати децентралізовані програми (DApp), а також інші інноваційні рішення на базі блокчейнів. Крім того, оскільки загальнодоступні блокчейни володіють відкритим вихідним кодом, будь-який бажаний може розвернути код поверхневого блоку та створити власне додаток DApp.

Утім поруч з перевагами існують і недоліки криптовалюти:

- 1) Волатильність: висока волатильність робить криптовалюти дуже ризикованою інвестицією. Якщо підхід до криптоінвестицій легковажний і повністю покладається на удачу чи чиюсь думку, можна швидко втратити свої заощадження. Таким чином, волатильність є як перевагою, так і недоліком кріпти. Перш ніж інвестувати, необхідно бути впевненим у своєму рішенні: дотримуватися грамотного ризик-менеджменту, не вкладати останні або кредитні кошти, стежити за новинами проєктів, в які інвестуєте, а також враховувати багато інших факторів, пов'язаних з ринком.
- 2) Нестача регуляції: основна ідея криптовалюти – це децентралізація та незалежність від уряду та його правил. Водночас державне регулювання фінансів не є абсолютним злом і часто запобігає шахрайству. Наприклад, в історії криптовалют кілька бірж збанкрутували через слабе регулювання, а деякі з них були відвертим шахрайством.

Види криптовалют

Криптовалюта може здаватися складною через велику кількість термінів, таких як монети, токени, альткоїни, NFT та інші. Однак кожен з них має свої унікальні характеристики, і зрозуміти їх цілком можливо.

Монети

Монета – це криптовалюта, яка працює на власному блокчейні. Розробка такого блокчейну є складним процесом, який потребує значних зусиль і часу. До монет з власним блокчейном належать: Біткоїн, Ethereum, XRP, Solana, Avalanche, Atom та інші.

Наприклад, монета ETH має свій блокчейн Ethereum, що дозволяє здійснювати транзакції всередині цієї мережі. Архітектура Ethereum дає можливість користувачам виконувати різні дії від проведення транзакцій до запуску вузлів на своїх комп'ютерах. На основі блокчейну Ethereum вже працюють тисячі децентралізованих додатків (DApps).

Багато криптокомпаній використовують блокчейн Ethereum для створення своїх криптовалют або інших проєктів, таких як Uniswap, 1inch, Aave, MakerDAO, Sandbox, Chainlink та інші. Також існують Layer-2 рішення для масштабування блокчейну Ethereum, такі як Arbitrum та Optimism, що допомагають знизити комісії за транзакції.

Токени

Розробники часто використовують існуючі блокчейни для запуску своєї криптовалюти, створюючи токени. Токен – це криптовалюта, яка працює на блокчейні, але не має власного. Наприклад, багато криптовалют створені на Ethereum. Власники tokenів отримують переваги, такі як::

- Управління усередині ком'юніті;
- Частка прибутку;
- Зниження комісії у мережі.

Токени поділяються на кілька видів:

Види tokenів

- Security токени: Дають право власності на фінансовий інструмент, наприклад, акції або облігації;
- Utility токени: Використовуються всередині своєї мережі, забезпечуючи доступ до певних послуг або продуктів;
- Governance токени: використовуються для голосування всередині мережі;
- Asset-backed токени: Підкріплені реальними активами, такими як золото або валюта.

Стейблкоїни

Стейблкоїн – це токен, вартість якого прив'язана до біржового товару (наприклад, золота) або фіатної валюти. Вони створені для зменшення ризиків волатильності. Найпопулярніші стейблкоїни, такі як Tether, USD Coin, Binance USD та DAI, прив'язані до долара США. Такі монети мають високу ліквідність і використовуються для трейдингу та захисту від інфляції.

Альткоїни

Альткоїни – це будь-які криптовалюти, крім біткоїна. Вони розглядаються як альтернативи біткоїну і можуть мати різні призначення. Наприклад, Ethereum – це обчислювальна мережа, яка дозволяє запускати децентралізовані додатки і смарт-контракти.

NFT

NFT (non-fungible token) – це унікальний токен, який не можна замінити іншим аналогічним токеном. Кожен NFT має свій цифровий підпис, що робить його унікальним. NFT часто використовуються для цифровізації творів мистецтва, таких як музика, зображення, картини та тексти.

DeFi

DeFi (децентралізовані фінанси) – це екосистема децентралізованих додатків, що надають фінансові послуги без посередників, таких як банки. Основні послуги DeFi включають:

- Кредитування;
- Позики активів під відсоток;
- Торгівлю деривативами;
- Обмін.

DeFi використовує криптовалюту для здійснення операцій між користувачами.

Мем-коїни

Мем-коїни – це комедійні криптовалюти, що набувають популярності завдяки мемам та соціальним мережам. Першим мем-коїном був Dogecoin (DOGE), створений на основі мема про собаку Шибба Іну) та яка вважається улюбленою монетою Ілона Маска. Незважаючи на жартівливий початок, мем-коїни можуть набирати велику популярність і використовуються для спекуляцій на ринку.

З моменту першого запуску Dogecoin було створено понад 200 мем-монет. Але, незважаючи на те, що концепція мем-монет є цікавою, вони можуть впасти

так само швидко, як і піднятися. Відповідно дуже часто такі токени є активом для спекуляцій сильних гравців на ринку, а також вони дуже вразливі до гучних новин зі світу соціальних мереж.

Наступним блоком теоретичної бази стосовно криптовалют буде розгляд основних цифр та аналітичної інформації, а також динаміку розвитку криптовалюти.

Почнемо з того, що зовсім нещодавно від дати написання цього розділу BTC пробив свій All-time high, тобто свою найбільшу ціну за всю історію існування даної монети – 69 990\$ (відповідно до трейдинг-сервісу TradingView), але на деяких криптобіржах ціна підіймалась вище ніж 70 300\$ за один біткоїн. Це дійсно історичний момент у розвитку криптовалюти, а також зараз починається бичачий цикл ринку криптовалют.

На рис. 1.2 можна спостерігати ціну монети BTC у динаміці років з відповідним таймфреймом 1 тиждень.



Рис 1.2. Зміна ціни BTC у розрізі років

Джерело: [9]

Біткоїн почав свою торгівлю на біржах ще з 2011 року по ціні 0,06183, а піку своєї ціни у 69 тис.\$, як показано на рис.1.2 він досягав спочатку у 2021, а наразі пік ціни був більше ніж 70 тис.\$. Уявляєте, скільки людей стало мільйонерами, якщо купили його навіть по 1, 10, 100 або 1000 доларів за один біткоїн. Як і для будь-яких активів для криптовалют характерна циклічність, тобто ріст до певного рівня ціни, потім відскок від нього, потім консолідація та накопичення,

потім знову ріст або спад, на ціну криптовалюти впливають звичайно попит та пропозиція, популярність серед користувачів, участь крупних гравців на ринку, робота маркетмейкерів, робота фондів, тобто криптовалюта поводить себе як і інші інвестиційні активи, на неї також дуже впливають економічні та політичні новини. На ринку криптовалют також є бичачий та медвежий цикли. Останнім часом ціни на криптовалюту (особливо BTC) дуже корелюють з фондовими індексами, як наприклад S&P500. У сучасному світі трейдингу до крипто також застосовують класичні фундаментальний та технічний аналізи, а також тільки для неї концепцію «Smart money». Наразі ціна біткоіна, станом на 09.03.2024 становить 68200\$ з відповідними денними коливаннями.

Особливу увагу можна також приділити волатильності криптовалют, що дає можливості заробити на трейдингу за невеликий проміжок часу, але й відповідно покладає на трейдера великі ризики, на основі біткоіна. Інші монети та токени (альткоіни) наприклад при падінні біткоіна зазнають ще більшої втрати ціни. На рис 1.3 можна спостерігати за зміною ціни біткоіна на графіку з таймфреймом 4 години, що означає, що кожна свічка відповідає 4-м годинам руху біткоіна. Відповідні сині прямокутники показують зміну ціни за обраний проміжок часу.



Рис 1.3. Волатильність біткоїна, %

Джерело: [9]

Як бачимо з рисунку відсоткова зміна ціни біткоїна за кілька днів дійсно вражає, це дійсно величезні відсоткові зміни порівняно з фондовими індексами, ринком форекс чи акціями компаній.

Розглянемо також зміну капіталізацію криптовалют з плином часу. Станом на 09.03.2024 загальна капіталізація криптовалют згідно з найбільшим агрегатором даних [10] про криптовалюту CoinGecko складає 2 726 728 884 762 \$, що ще не досягло свого історичного максимуму 2021 року, але все ж таки дане число вражає, особливо якщо брати до уваги,

що ринок криптовалюти відносно молодий. Домінує за капіталізацією звичайно BTC (49,3%), на другому місці ETH(17,2%) Об'єм торгів за 24 години складає 114 522 295 289 \$.



Рис 1.4. Капіталізація ринку криптовалют 2014 -2024 р.,

Джерело: [10]

Також за даними CoinGecko [10] загальна кількість відстежуваних платформою монет наразі складає 13 172, загальна кількість відстежуваних бірж 380, а загальна кількість категорій криптовалюти складає 209. Загалом сфера криптовалюти розвивається дуже стрімко. Нові проекти збирають багатомільйонні інвестиції від різноманітних фондів, будуються нові блокчейни, виходять Layer-2 та Layer-3 рішення для вже існуючих блокчейнів, розвивається сектор DeFi, GameFi, тобто ігровий сектор побудований на блокчейні, тощо. Криптовалюта – це майбутнє фінансового та інвестиційного сектору і чим раніше це зрозуміти, тим більше можливостей можна реалізувати.

1.3. Використання інвестицій в криптовалюту. ETF інструменти

Почнемо з того, які взагалі основні шляхи інвестицій в криптовалюту існують на сьогоднішній день.

Такі основні способи інвестицій гарно описані на сайті великої холдингової компанії Fidelity Investments, яка є одним з лідерів у сфері управління активами, а також фінансового та інвестиційного консалтингу .

Загалом, криптовалюта є дуже волатильною, тому переконайтеся, що ви розумієте наслідки потенційної інвестиції, перш ніж інвестувати в неї. Зверніть увагу, що криптовалюта може бути більш вразливою до ринкових маніпуляцій, ніж цінні папери, і прямі інвестиції в криптовалюту не мають такого ж регуляторного захисту, який застосовується до зареєстрованих цінних паперів. Крім того, майбутнє регуляторне середовище для криптовалют наразі є невизначеним.

1. Купівля криптовалюти напряму

Найпростіший спосіб отримати доступ до криптовалюти - це інвестувати в монети, які вас цікавлять. Найчастіше це робиться через традиційну інвестиційну платформу або криптовалютну біржу, наприклад як на популярних криптобіржах Binance або ByBit.

У цій стратегії є кілька унікальних аспектів. Наприклад, купуючи криптовалюту напряму, ви отримуєте доступ до індустрії всього за кілька

хвилин. Розміщення ордерів на традиційній інвестиційній платформі або біржі також може забезпечити практичний досвід у процесі купівлі, що може бути корисним для кращого розуміння того, як працює криптовалюта. Також ви можете отримати повний контроль над своїми монетами, що дозволить вам переказувати їх між гаманцями (тобто особистими криптовалютними рахунками). Це може полегшити розуміння того, як працює технологія блокчейн. А оскільки ринки відкриті 7 днів на тиждень, ви можете більш гнучко вирішувати, коли ви хочете інвестувати, порівняно з традиційними активами, такими як акції та ETF.

Однак, існують також ризики, про які слід знати. Перш ніж купувати криптовалюту, спершу вивчіть основи кібербезпеки криптовалют. Як і будь-який цифровий актив, криптовалюта вразлива до крадіжок в Інтернеті. Переказ монет - це також багатоетапний процес, де навіть невеликі помилки можуть означати втрату доступу до інвестицій назавжди. І пам'ятайте, що криптовалюта дуже волатильна, і існує ймовірність того, що вартість будь-якої криптовалюти може впасти до нуля.

2. Купівля криптовалютних ETP або пов'язаних з криптовалютами ETF на брокерській платформі

Другий спосіб - купити біржові фонди, пов'язані з криптовалютами (ETF). Загалом, існує 2 типи біржових фондів, пов'язаних з криптовалютами. Фондові ETF дають вам доступ до диверсифікованого кошика криптовалютних акцій (тобто акцій компаній, які працюють у криптоіндустрії). Ф'ючерсні ETF дають вам доступ до ф'ючерсів на конкретну криптовалюту або кошик криптовалют.

ETF, які відстежують більш широку криптоіндустрію, можуть пропонувати меншу волатильність у порівнянні з купівлею окремих криптовалют. Інвесторам, які хочуть інвестувати в індустрію в цілому, може бути зручніше купити ETF, ніж купувати окремі монети або акції компаній.

Як і ETP, ETF не дають вам права власності на реальні криптовалюти, а це означає, що їх не можна використовувати для оплати товарів і послуг. Крім того,

оскільки ETF - це портфелі, що складаються з декількох інвестицій, зростання, пов'язане з окремими криптовалютами або пов'язаними з ними компаніями, може бути розмитим. Якщо певна монета або компанія зростає в ціні, ви не зможете зафіксувати той самий рівень зростання, володіючи ETF. Зверніть увагу, що аналогічне міркування стосується і ETP, які зазвичай не відстежують ціну базової криптовалюти у співвідношенні 1:1.

3. Купівля криптовалютних акцій

Інший спосіб інвестувати в криптовалюту - купувати окремі акції компаній криптоіндустрії. Приклади включають криптовалютні біржі, компанії з видобутку біткоїнів та банки, які надають рішення для криптовалютних компаній.

Криптовалюти дають можливість інвесторам робити ставки на те, які компанії стануть лідерами галузі. І хоча купівля криптовалюти на біржі тягне за собою торгові комісії, більшість великих брокерських компаній дозволяють торгувати акціями без комісій (хоча вони все ще можуть стягувати спред).

Однак недосвідчені інвестори повинні знати, що ця стратегія має свої ризики. Притаманна криптовалютам волатильність, погані звіти про прибутки, негативні тенденції в галузі та інші фактори можуть призвести до різкого падіння вартості акцій.

Менш досвідчені інвестори можуть не захотіти класти всі яйця в один кошик, і в цьому випадку криптовалютні ETF можуть бути кращим варіантом.

Відповідно найпопулярнішими способами інвестицій в криптовалюту все ж таки залишаються перший, тобто купувати напряму активи, а з недавнього часу і другий, тобто купівля Bitcoin ETF. Наступним кроком розглянемо особливості роботи ETF, у тому числі криптовалютних ETF та детальніше дослідимо Bitcoin ETF.

Біржовий фонд (Exchange-traded fund) — це тип об'єднаних інвестиційних цінних паперів, які можна купувати та продавати так само, як окремі акції. Основна відмінність між ETF і взаємним фондом полягає в тому, що хоча

взаємний фонд також є об'єднаною інвестицією, він торгує лише раз на день після закриття ринку [12].

ETF можна структурувати таким чином, щоб відстежувати будь-що, від ціни окремого товару до великої та різноманітної колекції цінних паперів. ETF можна навіть розробити для відстеження конкретних інвестиційних стратегій.

Першим ETF був SPDR S&P 500 ETF (SPY), який відстежує індекс S&P 500. Сьогодні він залишається популярним ETF серед трейдерів та інвесторів.

- Біржовий фонд (ETF) — це кошик цінних паперів, який торгується на біржі так само, як і акції.
- ETF можуть містити всі види інвестицій, включаючи акції, товари чи облигації; деякі пропонують холдинги лише в США, а інші є міжнародними.
- ETF пропонують низькі коефіцієнти витрат і менші брокерські комісії, ніж купівля акцій окремо.

Криптовалютні біржові фонди (ETF) відстежують цінову ефективність однієї чи кількох криптовалют шляхом інвестування в портфель, пов'язаний із їхніми інструментами. Як і інші ETF, крипто ETF торгуються на звичайних фондових біржах, і інвестори можуть зберігати їх на своїх стандартних брокерських рахунках [13].

Крипто ETF можуть відстежувати вартість криптовалют, інвестуючи у ф'ючерсні контракти на цифрову валюту або безпосередньо інвестуючи в цифрові валюти. Це дає змогу отримати доступ до цін на криптовалюту без необхідності вести бізнес на криптовалютній біржі або мати справу з витратами та складнощами безпосереднього володіння цифровими активами. Однак крипто ETF можуть бути дорожчими за інші ETF.

Ключові моменти криптовалютних ETF можна відобразити наступним чином:

- Криптовалютні біржові фонди (ETF) пропонують спосіб отримати доступ до криптовалют, не купуючи та не зберігаючи цифрові активи самостійно.
- Ф'ючерсний ETF на криптовалюту відстежує ціни на криптовалюту шляхом інвестування у ф'ючерсні контракти, а не в саму криптовалюту.
- Спотові ETF, які інвестують безпосередньо в криптовалюту, стикаються з більшими регуляторними перешкодами через уявлення інвесторів про ризик.
- ProShares Bitcoin Strategy ETF, перший і найбільший ф'ючерсний ETF на криптовалюту в США, почав торгуватися в жовтні 2021 року.
- Комісія з цінних паперів і бірж схвалила перші 11 криптовалютних спотових ETF для ринку США в січні 2024 року.

Хоча більшість ETF повторюють роботу індексів, зберігаючи кошик базових активів, крипто ETF мають кілька способів відстеження ефективності цифрової валюти. Спотові ETF безпосередньо зберігають криптовалюту, створюючи портфель, який природним чином повторює ефективність цифрових активів, які він містить. Інші крипто ETF інвестують у ф'ючерсні контракти, угоди про купівлю чи продаж криптовалюти на заздалегідь визначену дату та за ціною.

Також я хотів би звернути увагу на спотові ETF криптовалют, адже це той випадок, коли роками криптовалюта не могла бути визнана Комісією цінних паперів і бірж США, але у підсумку прийняття таких ETF назавжди змінить ринок криптовалют.

Інвестиційний фонд також може безпосередньо торгувати та зберігати криптовалюту. Ці фонди, які називаються спотовими крипто ETF, купують криптовалюту та сек'юритизують їх. Інвестори купують і продають акції за потреби, як і традиційний ETF. У спотовому крипто ETF фонд може випускати та викуповувати акції, пропонуючи роздрібним та іншим інвесторам більше ліквідності на крипторинку та можливість отримати доступ до цих активів.

Кілька різних компаній по управлінню активами звернулися до Комісії з цінних паперів і цінних паперів (SEC) для спотових біткойн-ETF, починаючи з 2014 року.

У період з жовтня 2022 року по жовтень 2023 року SEC отримала понад 3500 заявок на фонди, пов'язані з криптографією.

У січні 2024 року (10.01.2024) SEC нарешті схвалила перші 11 спотових ETF для біткойнів, потенційно відкривши двері для більшої кількості спотових ETF для криптовалюти згодом.

Біржовий біткойн-фонд (ETF) - це фінансовий продукт, який дозволяє інвесторам отримати доступ до цінових коливань біткоіна без фактичного володіння самим активом.

Акції біткоін ETF торгуються на традиційних фондових біржах, що полегшує інвесторам участь у криптовалютному ринку.

ETF викликають значний інтерес як у роздрібних, так і в інституційних інвесторів, оскільки вони пропонують більш зручний і регульований спосіб інвестування в біткойн. Вони можуть бути особливо привабливими для інвесторів, які не наважуються безпосередньо купувати криптовалюту та управляти ними через побоювання щодо безпеки, регуляторних питань або технічних складнощів [14].

Я вважаю, що це дійсно величезний крок зі сторони SEC назустріч криптовалюті і як результат прийняття спотового біткоін ETF величезна кількість грошей прийшла в криптовалюту від звичайних інвесторів та великих інституційних фондів, біткоін дійсно люблять на Wall Street. Уявімо простого пересічного американського резидента, який хоче безпечно інвестувати в криптовалюту, у даному випадку в біткоін, але він не хоче піддавати себе та свої кошти ризикам, не хоче розбиратись детально у цьому або реєструватись на криптовалютних біржах. Відповідним рішення є купівля біткоін ETF.

На рис.1.5 зображені 11 компаній, які є емітентами спотових біткоїн ETF та відповідна інформація щодо торгівлі даним активом. Дані зазначені станом на 10.03.2024.

TICKER	ISSUER	ETF NAME	TYPE	PRICE	MARKETCAP	FEE WAIVER	FEE	AUM	24H VOLUME	CUSTODIAN	STATUS
GBTC	Grayscale	Grayscale Bitcoin Trust	Spot	\$61.90 ↑ 2.40%	\$42.86B	-	1.50%	\$26.60B	\$1.51B	Coinbase	Running
IBIT	BlackRock	iShares Bitcoin Trust	Spot	\$39.55 ↑ 2.38%	\$9.72B	0.12%	0.25%	\$12.97B	\$3.54B	Coinbase	Running
FBTC	Fidelity	Wise Origin Bitcoin Trust by Fidelity	Spot	\$60.73 ↑ 2.50%	\$6.64B	-	0.25%	\$8.35B	\$1.69B	Self-Custody	Running
ARKB	Ark/21 Shares	Ark/21 Shares Bitcoin Trust	Spot	\$69.39 ↑ 2.38%	\$2.16B	-	0.21%	\$2.55B	\$273.21M	Coinbase	Running
BITB	Bitwise	Bitwise Bitcoin ETP	Spot	\$37.85 ↑ 2.41%	\$1.56B	-	0.20%	\$1.88B	\$311.00M	Coinbase	Running
BTCO	Invesco/Galaxy	Invesco Galaxy Bitcoin ETF	Spot	-	-	-	0.25%	\$386.60M	-	Coinbase	Running
BRRR	Valkyrie	Valkyrie Bitcoin Fund	Spot	\$19.66 ↑ 2.29%	\$199.00M	-	0.25%	\$297.40M	\$16.57M	Coinbase	Running
HODL	VanEck	VanEck Bitcoin Trust	Spot	\$78.58 ↑ 2.42%	\$272.30M	-	0.25%	\$291.70M	\$40.12M	Gemini	Running
EZBC	Franklin Templeton	Franklin Bitcoin ETF	Spot	\$40.28 ↑ 2.39%	\$160.03M	-	0.19%	\$192.80M	\$12.26M	Coinbase	Running
BTCW	WisdomTree	WisdomTree Bitcoin Trust	Spot	\$73.77 ↑ 2.46%	\$51.80M	-	0.30%	\$62.70M	\$53.46M	Coinbase	Running
PBTC	Pando Asset	Pando Asset Spot Bitcoin Trust	Spot	-	-	-	-	-	-	Coinbase	Pending

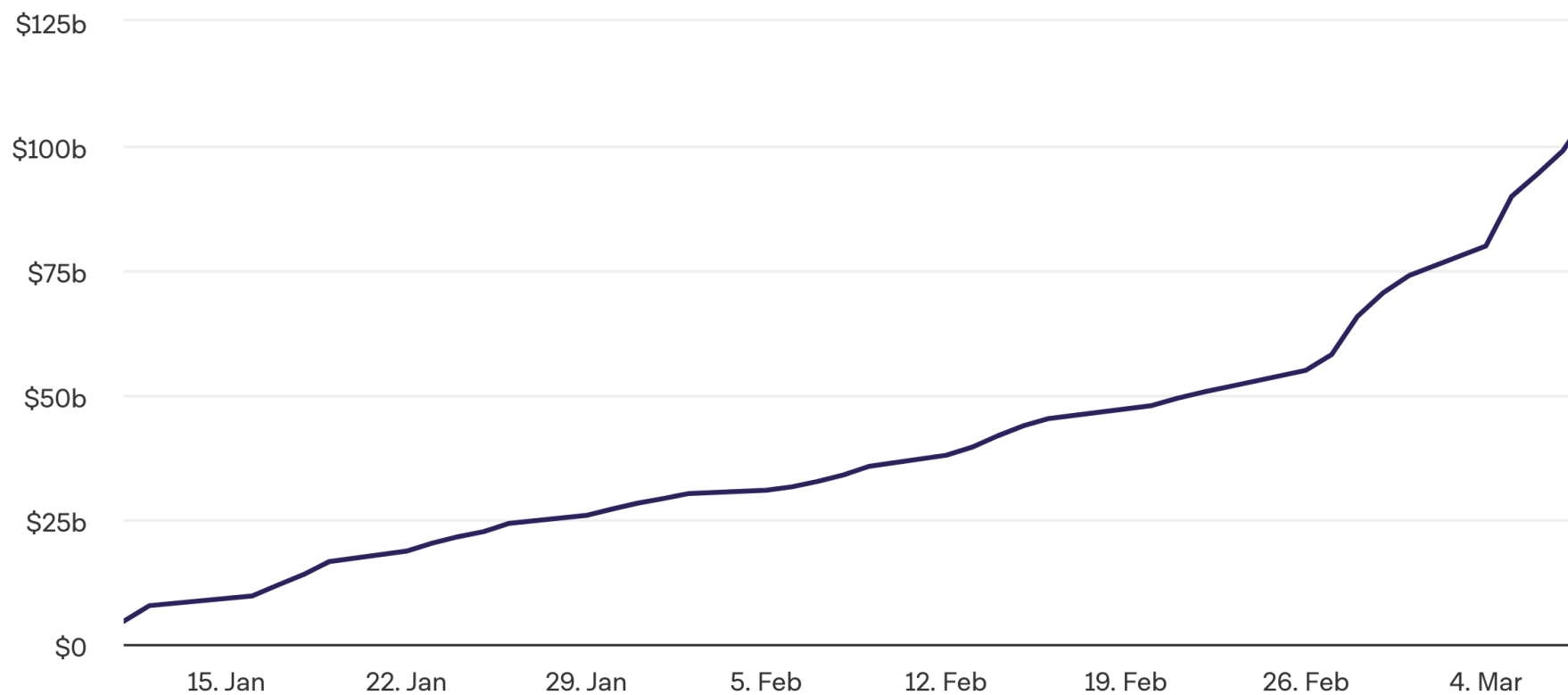
Рис 1.5. Емітенти спотового BTC ETF

Джерело: [15]

Також на рис. 1.6 зображено те, що накопичений об'єм щоденних торгів спотівим біткоїн ETF вже перевищив 100 мільярдів \$, що дійсно вражає та показує те, що серед інвесторів є величезний попит на даний інвестиційний актив, але не треба забувати, що пропозиція біткоїна обмежена. На рис. 1.7 можна простежити як змінювався денний об'єм торгів BTC ETF з розділенням за емітентами.



Cumulative Spot Bitcoin ETF Volumes



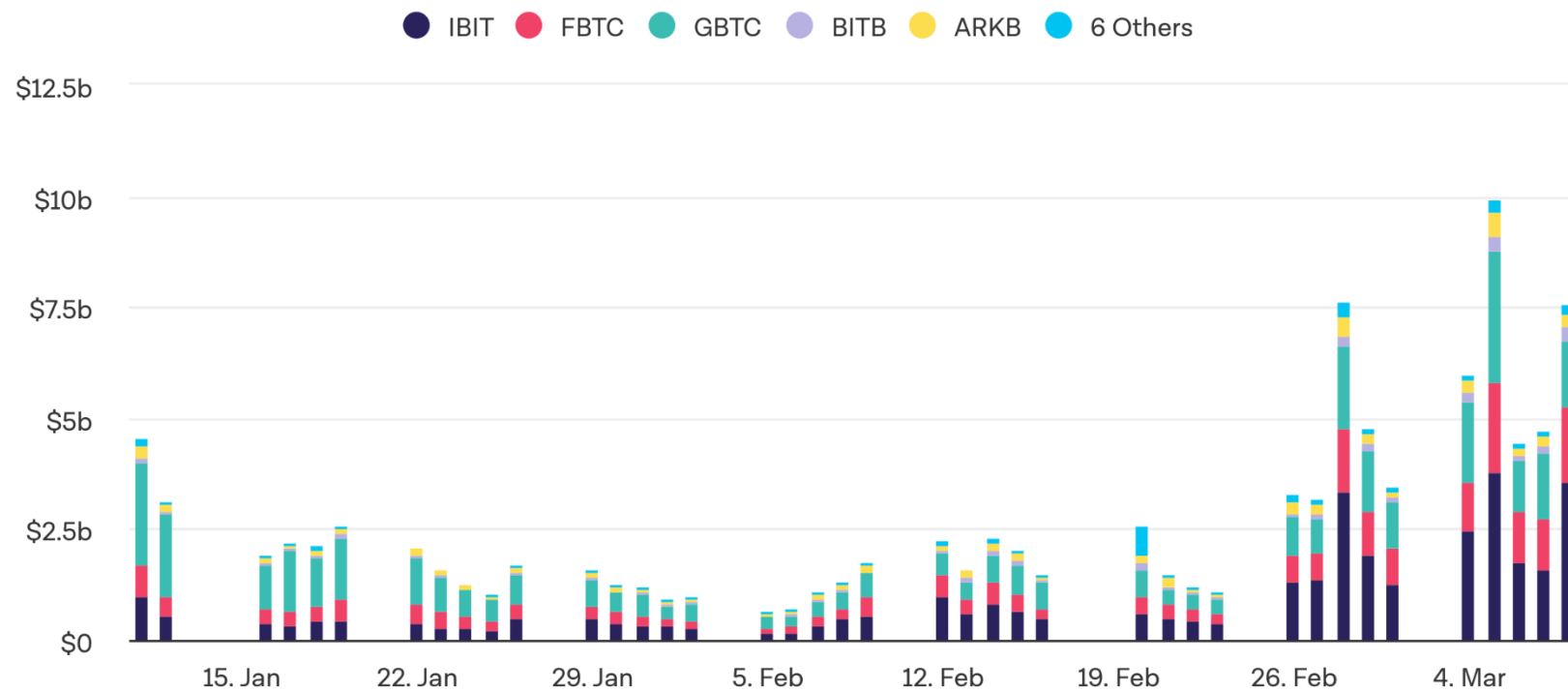
SOURCE: YAHOO FINANCE
UPDATED: MAR 10, 2024

Рис 1.6. Накопичений об'єм торгів спотового BTC ETF

Джерело: [16]



Spot Bitcoin ETF Volumes



SOURCE: YAHOO FINANCE
UPDATED: MAR 10, 2024

Рис 1.7. Денний об'єм торгів спотового BTC ETF

Джерело: [16]

1.4. Що таке ESG фактори для криптовалюти

Як усім відомо ESG (Environmental, Social and Governance)– це аббревіатура для загально прийнятої концепції сталого розвитку і означає набір стандартів, що використовуються для вимірювання екологічного та соціального впливу організації. Зазвичай його використовують у контексті інвестування, хоча він також застосовується до клієнтів, постачальників, працівників і широкої громадськості [17].

Навколишнє середовище

Відноситься до того, чи діє організація як відповідальний за навколишнє середовище та охоплює такі екологічні питання, як зміна клімату, викиди парникових газів (ПГ), вирубка лісів, біорізноманіття, викиди вуглецю, поводження з відходами та забруднення навколишнього середовища.

Суспільство

Відноситься до впливу організації на людей, культуру та громади і розглядає соціальний вплив різноманітності, інклюзивності, прав людини та ланцюгів постачання.

Управління

Відноситься до того, як організація керується і розглядає такі фактори корпоративного управління, як винагорода керівництва, планування наступництва, практика управління радою директорів і права акціонерів.

Далі опишемо саме те, як ESG фактори застосовуються до криптовалют, адже методологія визначення ESG рейтингу за складовими відрізняється від традиційних аспектів ESG.

Навколишнє середовище

Вплив криптовалют на навколишнє середовище є критично важливим аспектом на нашому шляху до вуглецево-нейтральної економіки. Дослідження неприбуткової організації Green Crypto Research, яка першою створила ESG-рейтинг для криптовалют та блокчейнів показує, що відмінності між активами часто є суттєвими [18]. За їх даними вони аналізують різні кількісні та якісні дані

в таких сферах, як споживання енергії на транзакцію, електронні відходи, а також вуглецевий слід і заходи зі скорочення викидів.

Також якщо для виробництва фіатних грошей потрібні такі ресурси, як бавовна, волокно та льон, то для видобутку криптовалюти потрібні інтернет, комп'ютери та електроенергія. Зрештою, видобуток цифрових активів є енергетично дружнім, якщо він споживає відновлювану енергію, а не вугілля та/або старі види енергоносіїв. А уніфіковане регулювання також допоможе зробити видобуток криптовалют більш стійким. У цілому для визначення рейтингу за даною складовою перед криптовалютою та її мережею постає 3 питання:

- Як планується знизити вуглецевий слід?
- Яке енергоспоживання кожної транзакції?
- Яке середнє енергоспоживання?

Відповідно це не дивно, що екологічний консенсус доказу частки (proof-of-stake) особливо поширений в мережах, що розвиваються, що свідчить про його потенціал в якості заміни енергоємного консенсусу доказу роботи (proof-of-work). Але при цьому приблизно 52% енергії для майнінгу біткоїнів у 2023 році надійшло з відновлюваних джерел, і очікується, що ця частка зростатиме на 6,2% щороку, демонструючи позитивну тенденцію до сталого розвитку.

Суспільство

Соціальні аспекти криптоактивів особливо складно оцінити. Вони часто не висвітлюються у ЗМІ, але є важливими для збалансованого погляду на сталий розвиток криптовалют. За даними Green Crypto Research вони вивчають дані про соціальний вплив блокчейнів і токенів, розподіл активів, а також про бар'єри для доступу та використання, які часто можуть бути високими, особливо для соціально-економічно незахищених верств населення.

Оскільки криптовалюта є децентралізованою, виникають питання щодо захисту інвесторів та безпеки від незаконної діяльності та транзакцій. Це те саме занепокоєння, яке підняв Китай. Як заявила речниця Національної комісії з розвитку і реформ Китаю Мен Вей, виробництво і торгівля криптовалютами

створює «значні ризики», вона також зазначила, що ця галузь є «сліпою і безладною».

Однак багато хто стверджує, що децентралізована система робить криптосистему хорошою, оскільки транзакції є швидшими, дешевшими, інклюзивними та вільними від цензури [19]. Для участі в криптовалютних транзакціях необхідні лише два основних елементи: підключення до Інтернету та комунікаційний пристрій, бажано простий смартфон. Обнадіює те, що поширення смартфонів швидко прогресує. Соціальний бал вказує на те, наскільки криптовалюта бере до уваги спільноту і реагує на неї.

Основні питання стосовно даної складової:

- Наскільки рівномірним є розподіл цифрового активу?
- Які комісії за транзакції?
- Яка мета/концепція блокчейну?

Управління

У минулому різні скандали в криптоіндустрії продемонстрували актуальність аспекту управління. У рейтингу Green Crypto Research вони оцінюють технологію, а не компанію, яка за нею стоїть. Розглядається диверсифікація мережі, безпека та інциденти, а також загальні питання управління, такі як потенційний конфлікт інтересів між контролюючим суб'єктом і спільнотою або вплив негативних заголовків.

Також все більше країн і законодавчих актів створюють правила щодо безпеки, управління та виробництва криптовалют. Але треба завжди пам'ятати, що структура криптовалюти децентралізована. І що в майбутньому це може призвести до одного з двох варіантів: 1) уніфікованих правил і законів, які охоплюватимуть усі системи криптовалют і цифрових активів; або 2) унікальних законів для кожної країни чи юрисдикції, які захищатимуть інвесторів від злочинів, що можуть бути скоєні за допомогою криптовалют [19]. Питання, які стоять за даною складовою ESG наступні:

- Наскільки безпечна мережа?
- Чи є конфлікт інтересів?

- Як відбувається розподіл майнерів?

Протоколи блокчейну надають повноваження тим, хто може змінювати код, формуючи або порушуючи мережу. Управління криптовалютами забезпечує безпеку мережі, контроль за розвитком протоколу та підтримку консенсусу в спільноті. Прозоре прийняття рішень важливе для децентралізації. Управління протоколами може бути офчейн або ончейн.

Ethereum використовує пропозиції щодо покращення (EIPs) – Ethereum Improvement Proposals, які розглядаються спільнотою і основними розробниками. Пропозиції проходять кілька етапів зворотного зв'язку та тестування перед впровадженням.

Bitcoin також має процес пропозицій щодо покращення (BIPs), які потребують підтримки спільноти та значного консенсусу майнерів для впровадження.

Аналогічно, децентралізовані додатки (dapps) використовують відмінний від основних розробників процес управління, часто включаючи токени управління для ончейн голосування через платформи на кшталт snapshot.org, визначаючи впровадження на основі зважених голосів власників токенів, але прозорість управління може бути проблематичною через анонімність учасників.

Загалом, управління криптовалютами ще формується, і в майбутньому буде більше уваги до визначення критеріїв ESG для цих технологій.

Також наприклад розподіл монет на початковому етапі (що називається токеномікою проєкту) значно впливає на управління, розкриваючи стимули власників токенів для прийняття рішень. Збільшення прозорості та ширша участь у процесах прийняття рішень часто уповільнюють ці процеси, вимагаючи детальних процедур навіть у надзвичайних ситуаціях, таких як помилки або критичні проблеми. Тому необхідно ретельно продумати пропозиції та процедури голосування для таких випадків.

Сфера ESG управління визнає недосконалість, і управління криптовалютами все ще перебуває на стадії формування. На цьому етапі відсутні загальноприйняті стандарти, спеціально розроблені для криптовалют. Отже,

оцінка управління криптовалютами є складним процесом, що залежить від кожного конкретного випадку. Наприклад, управління біткойном, вбудоване в його протокол, запобігає зловживанням через децентралізацію. Подібним чином децентралізовані екосистеми криптовалют, такі як Ethereum, забезпечують надійне управління через демократичні процеси. У міру розвитку криптоіндустрії зростатиме увага до визначення та кількісної оцінки критеріїв ESG, що відповідають специфічним характеристикам і складності блокчейну та криптовалют. Ця еволюція сприятиме кращому розумінню та вимірюванню факторів ESG в унікальному контексті цих технологій [36].

На рис. 1.8 можна побачити різні фактори для кожної зі складових ESG.

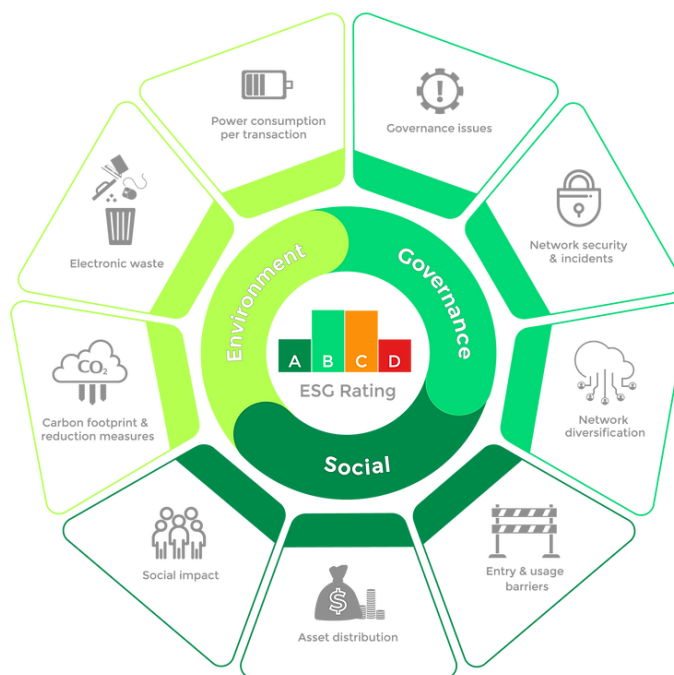


Рис 1.8. ESG фактори

Джерело: [18]

Загалом застосування ESG факторів та їх оцінка стосовно криптовалюти ще на початковій стадії свого розвитку і тільки декілька компаній по всьому світу займається такою діяльністю, але насправді це є дуже змістовним та важливим напрямом дослідження, адже криптовалюта неминуче стане частиною нашого життя у найближчі роки і важливо розуміти її вплив на усі сфери нашого життя та світ у цілому.

РОЗДІЛ II. Концептуальні підходи до оцінки ризику криптовалют

2.1. Data mining – збір даних для досліджень

Почнемо другий розділ даної роботи з дата майнінгу. Загалом процес data mining - це процес виявлення прихованих закономірностей, корисних знань та інформації з великих масивів даних. Він поєднує методи статистики, машинного навчання, штучного інтелекту та баз даних для аналізу та інтерпретації складних наборів даних.

Але у даному випадку при написанні дипломної роботи data mining використовується на не настільки глибокому рівні. Для цілей цього дослідження data mining передбачає наступні етапи:

- Етапи визначення цілей та задач для яких нам потрібні дані;
- Визначення критерію для відбору криптовалют;
- Процес збору даних, що передбачає пошук історичних даних по щотижневій дохідності для кожної з криптовалют;
- Відбір криптовалют, де є необхідна для аналізу кількість спостережень;
- Класифікація криптовалют за їх типами;
- Кластеризація криптовалют за їх оцінками ESG рейтингу.

Отже, згідно з метою даного дослідження для моделювання та аналіз ризиків інвестування в криптовалюту з врахуванням ESG критеріїв нам необхідно створити базу даних яка складається з історичних щотижневих даних дохідності криптовалют.

Для цих цілей були обрані сайти Investing.com [20] та Coinmarketcap [21].

Для відбору криптовалют було задано наступні критерії:

1. Топ-40 криптовалют за ринковою капіталізацією;
2. Часовий проміжок (03.01.2021-10.03.2024) – загалом 167 щотижневих спостережень;

3. Мінімум спостережень для кожної окремої криптовалюти для того, щоб потрапити у вибірку – 52 спостереження (тобто дані за один повний рік).

Також стосовно часового вікна розгляду необхідно сказати, що часовий інтервал 01.01.2021 – 31.08.2023 є базою для основних розрахунків та моделювання мір ринкового ризику та створення на основі цього портфелю криптовалют за портфельною теорією Марковіца, а часовий інтервал трохи більше ніж останніх півроку (01.09.2023-10.03.2024) обраний для обрахунку показника K-ratio та VAWI зміст яких буде описаний у наступних підрозділах.

Станом на 10.03.2024 були відібрані наступні 40 найбільші за капіталізацією криптовалюти з наступними тикерами¹: BTC; ETH; USDT; SOL; BNB; XRP; USDC; AVAX; ADA; DOGE; SHIB; DOT; TON; TRX; LINK; MATIC; BCH; NEAR; UNI; LTC; APT; LEO; ICP; DAI; FIL; RNDR; TAO; ATOM; ETC; ARB; IMX; OKB; STX; GRT; HBAR; XLM; INJ; CRO; OP; KAS.

Після аналізу зібраних даних було прийнято рішення додати до вибірки ще 10 наступних за капіталізацією криптовалют, а саме WIF (dogwifhat); FTM (Fantom); SUI; MKR (Maker); VET (VeChain); XMR (Monero); PEPE; FDUSD (First Digital USD); AR (Arweave); THETA (Theta Network), адже у початковій вибірці не всі монети та токени мали мінімально необхідні 52 значення.

Після аналізу зіставлених даних по 50-ти обраним криптовалютам та врахування двох критеріїв: 1 – критерію суми капіталізації; 2 – к-ть спостережень, з пріоритетом на користь першого критерію було обрано наступні 40 криптовалют для подальшого аналізу: BTC; ETH; USDT; SOL; BNB; XRP; USDC; AVAX; ADA; DOGE; SHIB; DOT; TON; TRX; LINK; MATIC; BCH; NEAR; UNI; LTC; APT; LEO; ICP; DAI; FIL; RNDR; ATOM; ETC; IMX; OKB; STX; GRT; HBAR; XLM; INJ; CRO; OP; FTM (Fantom); MKR (Maker); VET (VeChain). За к-ть спостережень було обрано 64 значення, адже це найменше за к-тю значення, що належить монеті TON, так як нам необхідно взяти значення, яке буде містити кожна з обраних криптовалют. Відповідно база даних з

¹ Тікер – символ, коротка назва для позначення назви будь-якого активу (акції, облігації, індексу, криптовалюти, тощо).

історичними даними для даних криптовалют буде зазначена у прикріпленому до роботи Excel файлі.

Наступним етапом є **класифікація за типами криптовалют**, відповідно до інформації, що була зазначена у підрозділі 1.2 даної роботи. Ураховуючи зазначену інформацію, розуміння призначення кожної криптовалюти, а також аналіз інтернет-ресурсів було зроблено класифікацію, результат якої зображений в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Класифікація криптовалют за типами

Тип криптовалюти	К-ть
Native coin (blockchain)	19
Stable Coin	3
Meme Coin	2
DeFi	5
Utility tokens	6
Hard fork coin (Bitcoin)	1
Hard fork coin (Ethereum)	1
Utility&governance tokens	3

Джерело: розрахунки автора

Розподіл кожної криптовалюти за типами зазначено в Додатку А (табл.А.1). Відповідно до отриманих результатів ми бачимо, що найбільше у вибірці криптовалют, що є монетами блокчейну, що не є дивним, адже зазвичай монети блокчейнів мають найбільшу капіталізацію, бо вони є фундаментальними проєктами і відповідно так як ми обирали криптовалюти за капіталізацією, то їх буде найбільше. Далі за к-ть йдуть utility токени, що є токенами корисності або службовими токенами і використовуються для отримання послуг або функцій усередині проєкту. Третім за кількістю токенів є тип, що відносить до DeFi, або Decentralized Finance.

Наступним та останнім у нашому дослідженні етапом data mining є **кластеризація за оцінками по ESG критеріям**. Для даного етапу було взято ESG оцінки з сайту Green crypto research [18] для криптовалют з датою оновлення 31.12.2023, що є реально свіжими даними, що підтверджує доцільність їх використання. Оцінки за списком обраних криптовалют зазначено у Додатку А

(табл.А.2) даної роботи. За результатами даного етапу було отримано наступні результати:

Таблиця 2.2

Кластеризація криптовалют за оцінками ESG

Клас ESG	К-ть
A	6
B	20
C	4
D	2
Відсутнє значення	8

Джерело: розрахунки автора

Проаналізувавши табл.2.2 ми бачимо, що найбільше криптовалют з оцінкою «В» (20), далі за к-тю йдуть криптовалюти з оцінкою «А», потім відповідно «С» та «D». Такий розподіл може бути пов'язаний в першу чергу з критеріями та методологією, що використовувалась Green crypto research для підрахунку даних оцінок, а також з тим, що деякі криптовалютні проекти можуть фокусуватися на інших аспектах, таких як технологічні інновації або фінансова ефективність, і не приділяти достатньо уваги ESG факторам. До того ж, з часом багато монет та токенів з оцінкою «В» можуть мати «А».

Також необхідно зазначити, що ті криптовалюти, для яких на даний момент немає оцінок за ESG скорингом (8), але вони є у нашій вибірці для дослідження було вирішено виключити з даної вибірки для того, щоб не спотворювати дослідження та провести усі розрахунки на основі наявних даних. Список криптовалют, що були виключені з дослідження, наступний: TON; APT; ICP; RNDR; OKB; STX; INJ; OP.

Після даних дій у нас залишилось 32 криптовалюти, які є остаточною базою для проведення розрахунків та моделювання ризиків інвестування в криптовалюту. Відповідно к-ть спостережень для кожної криптовалюти змінилась на 117, що відповідає монеті АТОМ та мінімальним значенням. Часовий проміжок відповідно наступний: 19.12.2021 – 10.03.2024, точніше сказати - часовий проміжок для основних розрахунків мір ринкового ризику:

19.12.2021-31.08.2023, що містить 89 значень; часовий проміжок для підрахунку показників VAWI та K-ratio – 28 значень.

Також додатково було зроблено кластеризацію 32-х криптовалют за кожною складовою ESG (див. Додаток А, табл.А.3). Результати відповідно зображено у табл.2.3, табл.2.4 та табл.2.5.

Таблиця 2.3

Кластеризація криптовалют за складовою «Environment»

Тип	К-ть за складовою «Е»
A	25
B	2
C	3
D	2

Джерело: розрахунки автора

Як бачимо найбільша кількість криптовалют за складовою «Environment» саме з оінкою «А». Це пов'язано в першу чергу з добуванням даних токенів, адже наразі більшість монет та токенів перейшли до технологій Proof-of-stake, де токени отримуються за рахунок стейкінгу своєї криптовалюти у відповідній мережі, а також просто створенням токенів на основі вже існуючих блокчейнів, де по суті все працює по просто написаному коду. А наприклад криптовалюти, які мають оцінки D та C, досі працюють на технології Proof-of work, де для добування монет та токенів використовується майнінг, що споживає дуже багато елелктроенергії, що погано відображається на довкіллі.

Таблиця 2.4

Кластеризація криптовалют за складовою «Social»

Тип	К-ть за складовою «S»
A	13
B	17
C	2
D	0

Джерело: розрахунки автора

За даною складовою майже всі криптовалюти мають оцінки «А» або «В». Криптовалюти часто отримують високі оцінки за соціальну складову ESG рейтингу завдяки своїм основоположним принципам та потенційному впливу.

Децентралізація та відкритий код сприяють прозорості, спільному прийняттю рішень та залученню спільноти, що позитивно впливає на соціальну складову. Крім того, криптовалюти можуть забезпечити фінансову інклюзію, надаючи доступ до фінансових послуг людям, які не мають доступу до традиційної банківської системи, особливо в країнах, що розвиваються. Багато криптовалютних проєктів також спрямовані на вирішення соціальних проблем, таких як бідність, нерівність та доступ до базових послуг, що підкреслює їхній позитивний соціальний вплив. Активні та залучені спільноти навколо криптовалют сприяють співпраці, обміну знаннями та підтримці соціальних ініціатив. Крім того, криптовалюти за своєю природою є нейтральними та не дискримінують користувачів за будь-якими ознаками. Однак, важливо зазначити, що не всі криптовалютні проєкти однаково відповідають ESG критеріям, і деякі можуть бути пов'язані з негативними соціальними наслідками. Тому ретельний аналіз кожного проєкту є необхідним для розуміння його справжнього соціального впливу.

Таблиця 2.5

Кластеризація криптовалют за складовою «Governance»

Тип	К-ть за складовою «G»
A	14
B	13
C	5
D	0

Джерело: розрахунки автора

Високі оцінки за складовою «G» (Governance) у більшості криптовалют (27 з 32) можуть бути пояснені декількома факторами. Децентралізація, що лежить в основі багатьох криптовалют, передбачає розподілене управління та прийняття рішень, що зменшує ризик централізованого контролю та зловживань. Блокчейн технологія, що забезпечує прозорість транзакцій та процесів управління, підвищує довіру до проєкту. Активні спільноти, які беруть участь у прийнятті рішень та розвитку проєкту, сприяють більш демократичному та ефективному управлінню. Деякі криптовалюти також використовують інноваційні механізми

управління, такі як DAO² або голосування за допомогою токенів, що свідчить про прогресивний підхід. Однак, висока оцінка за складовою «G» не гарантує успіху проекту або відсутності ризиків, і інвесторам слід ретельно аналізувати всі аспекти проекту перед прийняттям інвестиційних рішень. Також часто в проектах трапляються випадки злому площадки або різних протоколів, що призводить до втрати коштів, або взагалі токени створюються для того, щоб просто обдурити людей та виманити в них кошти, що разом взяте може погіршувати рейтинг криптовалют за даною складовою.

Загалом можна зробити висновки щодо процесу data mining в межах цієї роботи:

1. Загалом було відібрано 32 криптовалюти для подальших розрахунків, моделювання ризиків та побудови оптимального інвестиційного портфелю;
2. Часовий інтервал загальний: 19.12.2021 – 10.03.2024 (117 спостережень), де часовий проміжок для основних розрахунків мір ринкового ризику: 19.12.2021-31.08.2023, що містить 89 значень; часовий проміжок для підрахунку показників VAWI та K-ratio – 28 значень.
3. Була зроблена кластеризація за загальним ESG скорингом, а також кластеризація за кожною складовою ESG окремо.

2.2. Оцінка ризику на основі мір ринкового ризику

Почнемо з того, що у цьому підрозділі ми кількісно оцінимо ризики, пов'язані з інвестуванням у криптовалюти, та проаналізуємо, як вони співвідносяться з оцінками ESG цих активів, використовуючи статистичні методи, такі як стандартне відхилення, скіс, ексцес, VaR та CVaR. Ми порахуємо дані основні міри ризику та проаналізуємо ризик-профіль на основі отриманих результатів для криптовалют згрупованих попередньо за ESG скорингом. Це дозволить нам дослідити, чи існує взаємозв'язок між рівнем ризику та ступенем відповідності криптовалюти принципам сталого розвитку

² DAO - Decentralized Autonomous Organization. Центрального органу управління DAO не існує, натомість влада розподілена між власниками токенів, які колективно голосують.

2.2.1. Опис мір ризику

Average return – Standard deviation

Отож, почнемо в першу чергу з того, що порахуємо показники average return («Дохід») та Standard deviation («Ризик») для кожної з криптовалют, виділивши їх приналежність до кластерів за ESG. Також вважаю за необхідне описати визначення та змістовне значення даних показників.

Середня прибутковість (Average Return) - це середнє арифметичне значення прибутковості активу за певний період часу. Вона розраховується шляхом підсумовування всіх прибутковостей за період та ділення на кількість періодів. середня прибутковість дає уявлення про очікувану прибутковість інвестиції в довгостроковій перспективі. У формулі (2.1) наведено розрахунок середньої прибутковості [23].

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n}, \quad (2.1)$$

де n – кількість періодів (днів, місяців, років);

r_i – дохідність цінного папера в період i \bar{r} – середня дохідність цінного папера за n періодів.

Стандартне відхилення (Standard Deviation) - це статистичний показник, який вимірює ступінь розсіювання (волатильності) прибутковості активу навколо його середнього значення. Чим вище стандартне відхилення, тим більша волатильність активу, а отже, і більший ризик. Формула (2.2) відображає розрахунок даного показника.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n - 1}} \quad (2.2)$$

Усі вхідні параметри для формули (2.2) описані у формулі (2.1).

При розрахунку даних показників в MS Excel були використані формули СРЗНАЧ() та СТАНДОТКЛОН.В() відповідно. На основі отриманих даних було побудовано графік (рис. 2.1). Детальніші результати розрахунків для мір ризику

наведені у Додатку 3. На графіку відображено зв'язок між середньою прибутковістю Mean(Return), ризиком standard deviation (Risk) та ESG-рейтингом криптовалют. Кожна точка на графіку представляє окрему криптовалюту, а її положення визначається значеннями середньої прибутковості та ризику.

Аналізуючи графік, хотілося б зазначити кілька речей. По-перше, через те, що дуже велика кількість оцінок ESG саме «В», то із-за цього картина буде трохи спотворюватись, адже розміщення точок здається хаотичним, криптовалюти з різними рейтингами розподілені по всьому спектру ризику і точка «В» є по всьому графіку. По-друге, окрім стейблкоїнів, що тяжіють до 0 за ризиком та доходністю, переважна більшість криптовалют лежить в діапазоні $[0,08; 0,18]$ за показником Standard deviation, що говорить про доволі немаленький показник ризику для кожної криптовалюти. По-третє, хочу зазначити, що той факт, що майже всі криптовалюти за середньою доходністю в періоді (19.12.2021-31.08.2023) розташовані нижче 0 є абсолютно нормальним, адже по-перше, ми моделюємо ризики інвестування в криптовалюту, а по-друге, а даний період часу була ведмежа фаза ринку, коли весь ринок почав падати.

Наступним спостереженням буде те, що хоча точок D тільки 2, але вони мають відносно менший ризик та більшу доходність. А наприклад точки A та B при гарних оцінках ESG мають більшу волатильність та мають більший розкид за показником ризику. Додатково на графіку я обвів ти різні зони, куди попадає переважна більшість криптовалют. Можна побачити, що у найнижчій зоні, де найменші доходність та найбільший ризик переважно знаходяться оцінки B. Також оцінки A, окрім стейблкоїнів не входять до першої, по суті найкращої, зони.

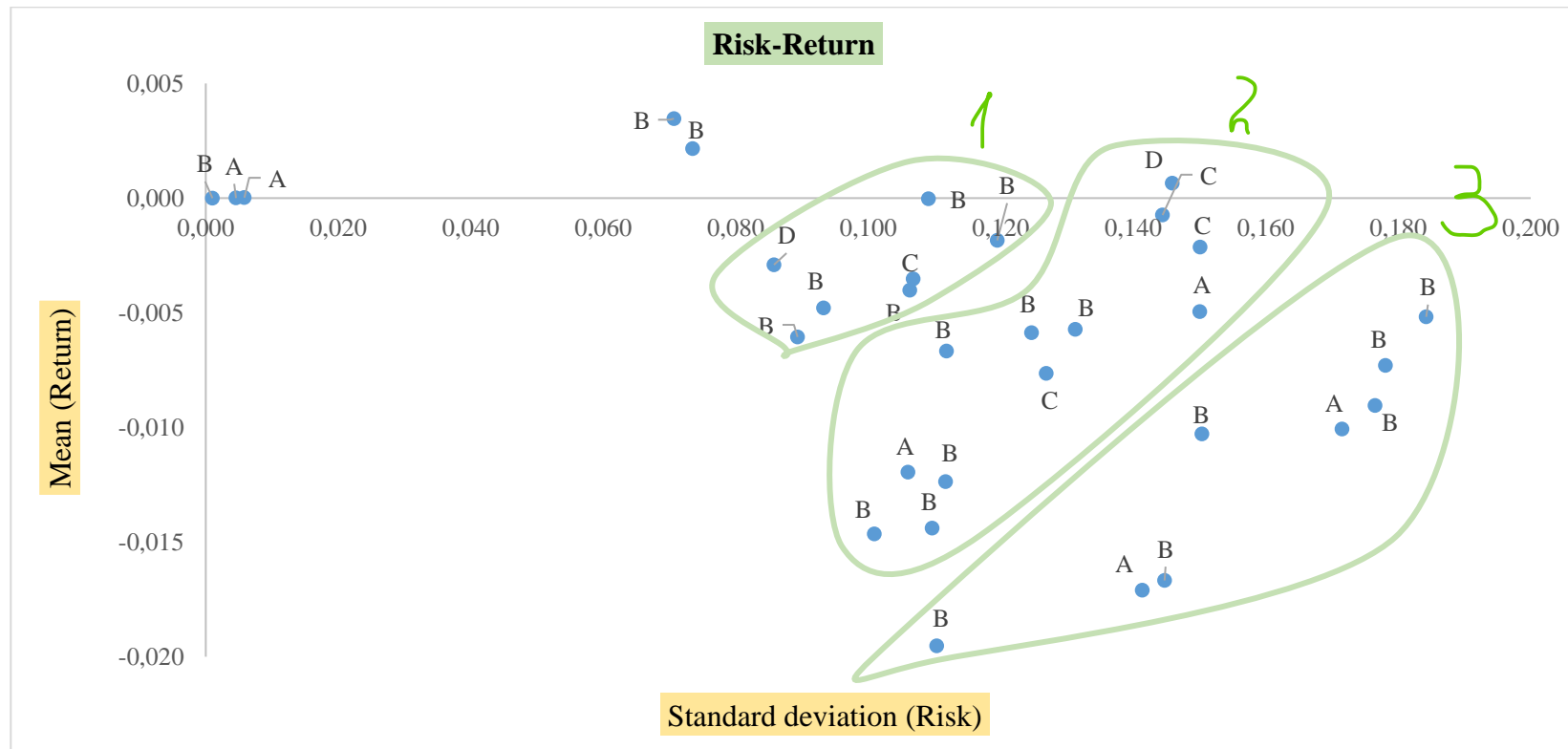


Рис 2.1. Побудова графіку «Risk-Return» з врахуванням ESG скорингу

Джерело: розрахунки автора

На рис. 2.2 можна побачити на ті самі розрахунки, але додатково в підписах даних зображений тикер криптовалюти за яку відповідає точка на графіку. Даних графік створений для зручності та додаткового аналізу урахуваючи вже саме контекст того, які саме токени та монети де розташовані.

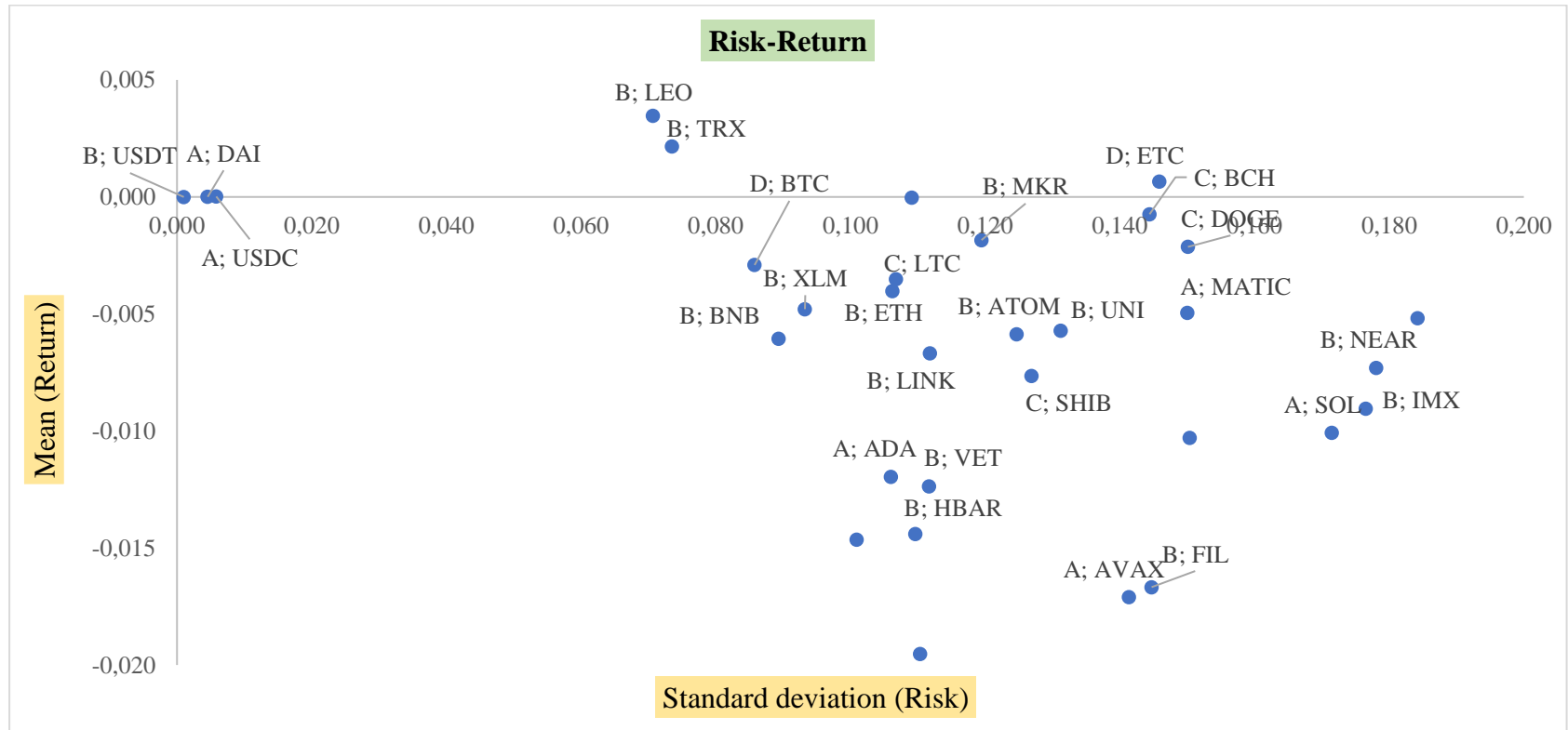


Рис 2.2. Побудова графіку «Risk-Return» з підписом криптовалют

Джерело: розрахунки автора

Skewness - Kurtosis

Наступними мірами ризику, що нам необхідно порахувати є скіс (асиметрія) та ексцес. Для цього ми спочатку порахуємо дані міри для кожної криптовалюти окремо, а після цього згрупуємо їх за оцінками ESG за кожною складовою окремо та порахуємо відповідно середні значення для кожного кластеру.

Skic (skewness) - це статистичний показник, який вимірює асиметрію розподілу ймовірностей випадкової величини, наприклад, прибутковості активу. Він показує, наскільки розподіл відхиляється від симетричного нормального розподілу. Асиметрія підсумовує відхилення від симетрії розподілу. Нижче будуть зображені малюнки, які пояснюють різницю між різними типами асиметрії [24].

1. Нормальна асиметрія: Середнє, медіана та мода знаходяться в центральній точці.

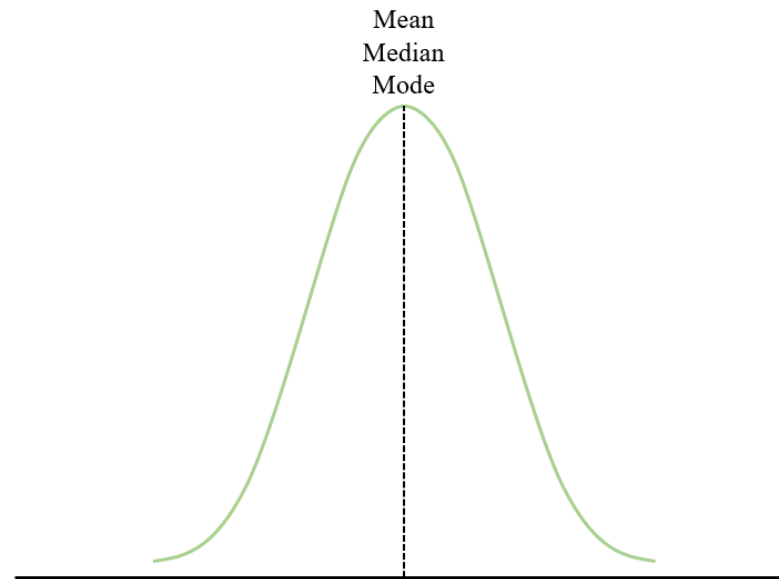


Рис 2.3. Нормальна асиметрія

Джерело: розрахунки автора

2. Позитивна асиметрія (правостороння): Середнє значення більше за медіану, а мода менше за середнє і медіану.

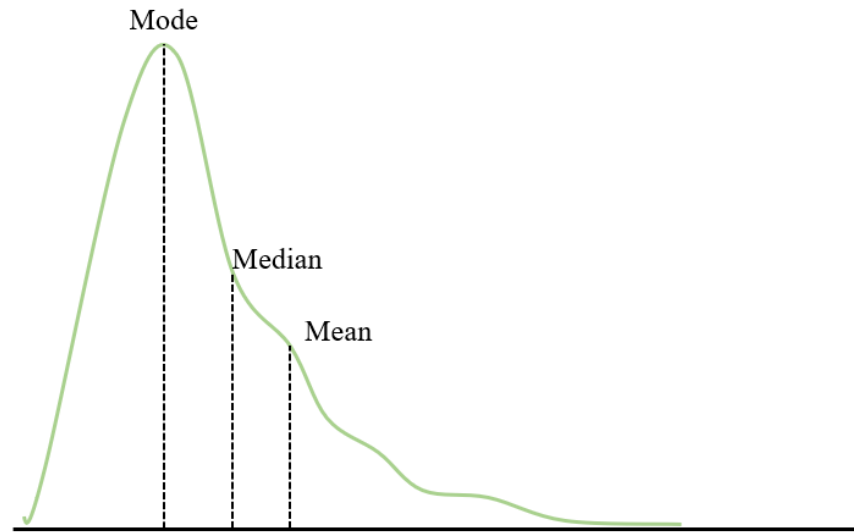


Рис 2.4. Позитивна (правостороння) асиметрія

Джерело: розрахунки автора

Позитивна асиметрія є бажаною характеристикою для інвесторів, які не схильні до ризику [25]. Нижчі значення згруповані у вершині розподілу, тоді як екстремальні значення знаходяться в довгому правому хвості. Також позитивна асиметрія означає, що більшість екстремальних значень більша за середнє.

3. Негативна асиметрія (лівостороння): Середнє значення менше медіани, а мода більше як середнього, так і медіани.

Негативна асиметрія вказує на довгий лівий хвіст розподілу або можливість більших збитків, ніж прибутку. Вищі значення зосереджені на вершині розподілу, тоді як екстремальні значення - у довгому лівому хвості.

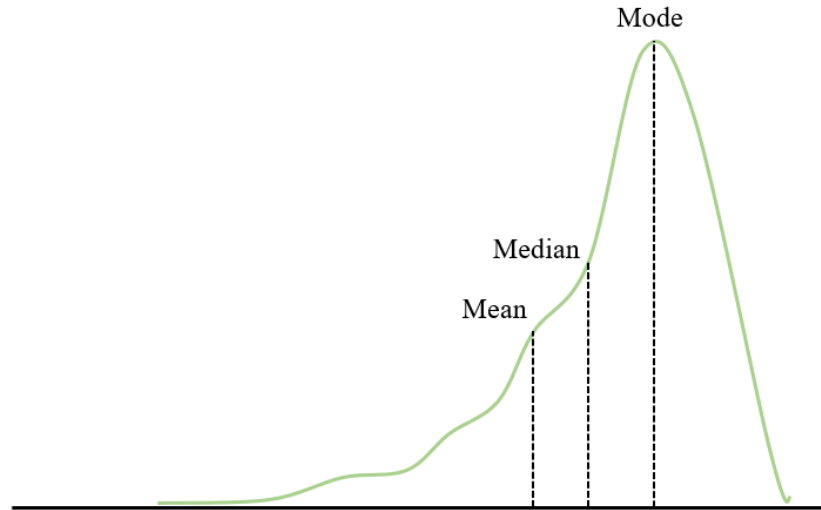


Рис 2.5. Негативна (лівостороння) асиметрія

Джерело: розрахунки автора

Загалом після обчислення асиметрії відповідно до отриманих результатів можна класифікувати 3 різних ступеня асиметрії [24]:

1. (-0,5, 0,5) – низька або майже нормальна асиметрія.
2. (-1; -0,5) та (0,5; 1) – помірна асиметрія.
3. Більше ніж -1 або 1 – сильна асиметрія.

Нижче у формулі (2.3) наведена формула для розрахунку показнику асиметрії (skewness) [25].

$$S(R) = E\left(\frac{R - E(R)}{\sigma(R)}\right)^3 = \frac{\mu_3(R)}{\sigma(R)^3}, \quad (2.3)$$

де $S(R)$ - позначення коефіцієнта асиметрії випадкової величини \mathbb{R} , яка в даному випадку представляє прибутковість активу;

$\mu_3(R) = E(R - E(R))^3$ - третій центральний момент випадкової величини \mathbb{R} . Він обчислюється як математичне очікування кубу відхилення величини від її середнього значення;

$\sigma(R)$ - Стандартне відхилення випадкової величини \mathbb{R} .

При розрахунку даного показника було використано функцію СКОС() у середовищі MS Excel.

Ексцес (kurtosis) - це статистичний показник, який вимірює «гостроту піків» та «важкість хвостів» розподілу ймовірностей випадкової величини. Він показує, наскільки розподіл відрізняється від нормального розподілу щодо концентрації значень навколо середнього та наявність екстремальних значень. У той час як асиметрія фокусується на розкиді (хвостах) нормального розподілу, ексцес більше фокусується на висоті. Він показує нам, наскільки випуклим або пологим є наш нормальний (або подібний до нормального) розподіл.

Типи ексцесу:

2. Позитивний ексцес (лептокуртичний розподіл): Означає, що розподіл має більш гострий пік та більш важкі хвости, ніж нормальний розподіл. Це означає більшу ймовірність екстремальних подій (як позитивних, так і негативних). (excess kurtosis > 0)
3. Негативний ексцес (платикуртичний розподіл): Означає, що розподіл має більш плоский пік та менш важкі хвости, ніж нормальний розподіл. Це означає меншу ймовірність екстремальних подій (excess kurtosis < 0).
4. Нульовий ексцес (мезокуртичний розподіл): Означає, що розподіл має таку ж гостроту піків та важкість хвостів, як нормальний розподіл (excess kurtosis $= 0$). Це є ідеальний нормальний розподіл або дуже близький до нього.

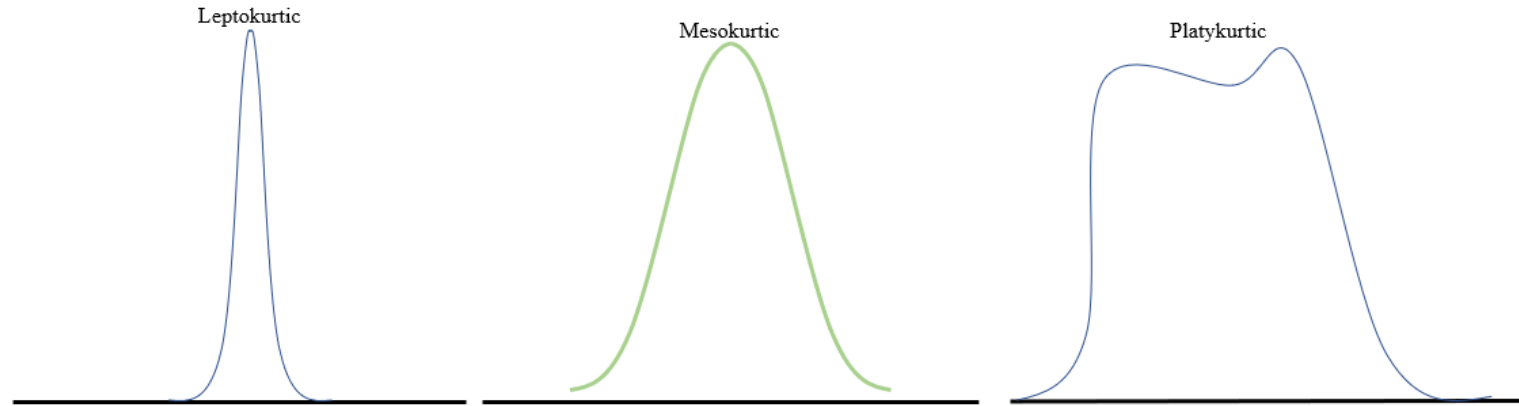


Рис 2.6. Типи ексцесу

Джерело: розрахунки автора

У формулі (2.4) зображено метод розрахунку ексцесу.

$$K(R) = E\left(\frac{R - E(R)}{\sigma(R)}\right)^4 - 3 = \frac{\mu_4(R)}{\sigma(R)^4} - 3, \quad (2.4)$$

де $K(R)$ - означення коефіцієнта ексцесу випадкової величини \mathbb{R} , яка в даному випадку представляє прибутковість активу;

$\mu_4(R) = E(R - E(R))^4$ - четвертий центральний момент випадкової величини \mathbb{R} . Він обчислюється як математичне очікування четвертої степені відхилення величини від її середнього значення;

$E(X)$ - оператор математичного очікування випадкової величини (X) . Він представляє середнє значення величини, яке можна очікувати при великій кількості спостережень;

$\sigma(R)$ - стандартне відхилення випадкової величини R .

VaR – CvaR

Далі ми розглянемо два ключових показників ризику, які допомагають оцінити потенційні втрати від інвестицій у криптовалюти: Value at Risk (VaR) та Conditional Value at Risk (CVaR). Ці метрики фокусуються на «негативній стороні» інвестування, надаючи кількісну оцінку можливих несприятливих сценаріїв. VaR визначає максимальний розмір збитків, який можна очікувати з певною ймовірністю, тоді як CVaR йде далі, оцінюючи середній розмір збитків у разі, якщо вони перевищать поріг VaR.

VaR - Статистика, яка кількісно оцінює розмір можливих фінансових втрат у межах фірми, портфеля або позиції протягом певного періоду часу [26]. VaR є найбільш популярною мірою ризику лівого хвоста. Ця міра ризику представляє квантиль, що відповідає певному рівню безпеки (наприклад, 95%, 99% або 99,9%). Економічна логіка VaR базується на покритті ризику. Для прикладу VaR 95% на рівні -5% означає, що з ймовірністю 95% щотижнева прибутковість не впаде нижче -5%. Іншими словами, лише у 5% випадків тижневі втрати можуть перевищити 5%. VaR покриває максимальні збитки в рамках 95% можливостей і ця міра є дуже ефективним показником для ринкового ризику [25, 27].

Але разом з перевагами цей показник має і недоліки. Перший недолік пов'язаний з тим, що VaR насправді є лише однією з точок функції розподілу ймовірностей (pdf). Поведінка лівої та правої частин pdf від VaR залишається поза увагою. Другим недоліком VaR є відсутність властивості когерентності. Властивість когерентності Value-at-Risk має місце лише для еліптичного класу розподілів.

До того ж цю міру можна обчислити трьома способами: історичним, дисперсійно-коваріаційним та методом Монте-Карло. У нашій роботі використано саме історичний метод.

Для підрахунку даної міри ризику ми використовуємо функцію ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ() в середовищі MS Excel. Дана функція повертає k-й центиль, що показує значення, яке розділяє упорядкований набір даних на дві частини. Відповідно k % даних менше або дорівнює цьому значенню, а (100-k)

% даних більше або дорівнює цьому значенню. Для цілей даної роботи рівень довіри був взятий за **95%**.

CVaR (Conditional Value at Risk), також відома міра як очікуваний збиток, - це показник оцінки ризику, який кількісно визначає величину хвостового ризику інвестиційного портфеля. *CVaR* розраховується як середньозважене значення «екстремальних» втрат у хвості розподілу можливих прибутків за межами точки відсікання вартості під ризиком (*VaR*). Умовна вартість під ризиком використовується при оптимізації портфеля для ефективного управління ризиками [28].

До переваг *CVaR* можна віднести когерентність цього показника ризику та більш коректне врахування можливих втрат. Більш коректний означає, що він орієнтований на середні втрати через хвіст, а не через одну точку, як *VaR*. Формула (2.5) відображає розрахунок даного показника.

$$CVaR(R) = E(R | \leq VaR), \quad (2.5)$$

де $E(X)$ - оператор математичного очікування випадкової величини (X),

$CVaR(R)$ - *CVaR* випадкової величини R , яка в даному випадку представляє прибутковість активу,

VaR – Value at Risk.

Графічне зображення змісту *VaR* та *CVaR* показано на рис. 2.7.

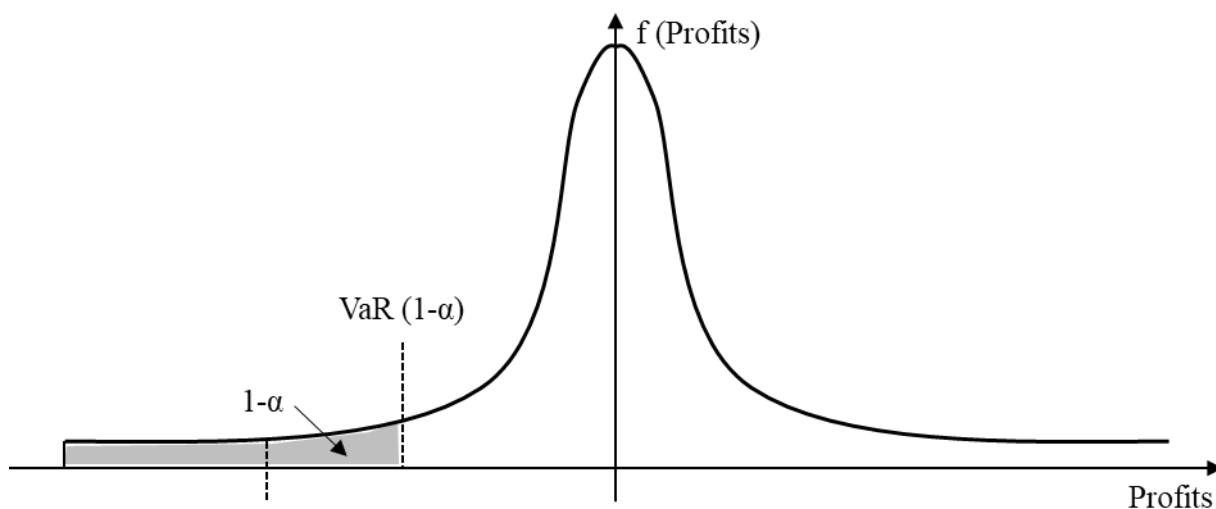


Рис 2.7. *VaR* & *CVaR*

Джерело: розрахунки автора

2.2.2. Результати розрахунку мір ризику

У попередньому пункті були теоретичні та змістовні аспекти мір ризику, що є основою для обрахунку та аналізу. Відповідно ще раз необхідно зазначити, що міри ризику пораховані для щотижневих даних доходностей криптовалют розбитих за кластерами оцінок «A», «B», «C», «D» за кожною складовою ESG («E» - Environment, «S» - Society та «G» - Governance) для більш детального аналізу залежності ESG та його складових та ризику криптовалют. До того ж це дає можливість виділити результати за кожною складовою ESG, адже різні інвестори можуть вбачати сенс та інтерес у інвестуванні враховуючи ту чи іншу складову сталого розвитку залежно від їх побажань.

Почнемо аналіз результатів для складової «E».

Таблиця 2.6

Міри ризику за складовою «Environment»

Тип	К-ть за складовою «E»	Return	Std	Skewness	Kurtosis	VaR	CVaR
A	25	-0,68%	11,01%	0,5330	7,1825	-17,76%	-23,25%
B	2	-1,03%	12,55%	0,2076	1,9736	-22,94%	-28,33%
C	3	-0,21%	13,38%	2,4555	17,2803	-18,08%	-23,98%
D	2	-0,11%	11,58%	0,5564	3,2739	-17,74%	-22,52%

Джерело: розрахунки автора

Як ми бачимо у даному випадку найвищий ризик мають криптовалюти з оцінкою C, до того ж даний кластер має найбільший скіс та ексцес, що говорить про більшу ймовірність позитивних екстремальних значень і про їх величину (гостроту).

Найбільший показник VaR та відповідно CVaR має кластер з оцінкою B, це нам каже про те, що у 5% випадків наші втрати, що перевищують VaR можуть сягати 28,33%, що є дуже багато. При цьому він має найнижчу доходність та найменший скіс, що говорить про більш симетричний розподіл прибутковості.

Кластер D наприклад має найбільшу прибутковість та не найвищий показник ризику. Це пов'язано в першу чергу з тим, що сюди входить Bitcoin, який є більш стабільною криптовалютою порівняно з іншими альткоїнами.

Кластер А має найменший показник ризику, помірну асиметрію та найменший показник VaR. Даний кластер підійде для інвесторів, що хочуть більш помірні прибутки при невеликому ризику. При цьому ми маємо високий показник ексцесу, що говорить нам про більшу ймовірність екстремальних подій. Загалом через невелику кількість криптовалют в більшості кластерів оцінки можуть бути викривлені і це слугує стимулом для подальшого розвитку даної праці.

Таблиця 2.7

Міри ризику за складовою «Society»

Тип	К-ть за складовою «S»	Return	Std	Skewness	Kurtosis	VaR	CVaR
A	13	-0,69%	9,84%	0,3373	10,7989	-16,32%	-21,83%
B	17	-0,59%	12,24%	0,7840	4,2051	-19,43%	-24,64%
C	2	-0,49%	13,85%	2,2536	15,0128	-18,55%	-26,18%
D	0	-	-	-	-	-	-

Джерело: розрахунки автора

Хоча криптовалюти з нижчим рейтингом (група С) демонструють потенційно вищу середню прибутковість (-0,49%), вони також характеризуються підвищеним рівнем ризику. Зокрема, група С має найбільшу волатильність (13,85%), асиметрію (2,2536) та ексцес (15,0128), що вказує на підвищену ймовірність як значних прибутків, так і великих збитків. До того ж у нас дуже великий показник збитків при перетині рівня VaR (-26,18%), що є також найбільшим результатом.

У той же час для більш консервативного та поміркованого інвестора кластер А стане найкращим рішенням, адже при відносно нормальній прибутковості, даний кластер містить найменшу оцінку ризику (9,84%), помірну оцінку скосу (0,3373), що говорить про рівномірний розподіл прибутку та більшу гостроту піків (ексцес=10,7989), що означає більшу ймовірність екстремальних значень.

Кластер В має високі показники ризику, а також великі втрати при ситуації, яку не покриває VaR, також він має помірні показники скосу та ексцесу, що говорить про меншу ймовірність виникнення екстремальних значень.

Таблиця 2.8

Міри ризику за складовою «Governance»

Тип	К-ть за складовою «G»	Return	Std	Skewness	Kurtosis	VaR	CVaR
A	14	-0,64%	11,15%	0,5251	8,7201	-17,52%	-23,26%
B	13	-0,73%	10,78%	0,4300	4,7512	-18,31%	-23,55%
C	5	-0,27%	13,48%	1,8557	11,6102	-19,24%	-24,64%
D	0	-	-	-	-		

Джерело: розрахунки автора

Групи А та В мають близькі значення середньої прибутковості (-0.64% та -0.73% відповідно), що свідчить про відсутність суттєвої різниці в очікуваній прибутковості між цими групами. Група С демонструє дещо вищу середню прибутковість (-0.27%), що може вказувати на потенційно вищу дохідність криптовалют з нижчим рейтингом Governance. Але в той же час криптовалюти групи С демонструють найбільшу волатильність (13.48%), а найменшу - групи В (10.78%). Це означає, що група С має більший розкид доходності, що може призвести як до більших прибутків, так і до більших збитків. До того ж група С має найбільший скіс, що говорить про велику кількість позитивних екстремальних значень, а також найбільший ексцес (11,6102), що говорить про велику ймовірність екстремальних значень як позитивних так і негативних. При цьому в 5% випадків група С має найбільші середні втрати (CVaR = -24,64%). При цьому група А також має високий показник ексцесу та менший показник ризику.

Загалом криптовалюти з нижчим рейтингом Governance (група С) можуть мати потенційно вищу прибутковість, але також пов'язані з більшим ризиком, особливо ризиком екстремальних подій, а криптовалюти з вищим рейтингом Governance (групи А та В) демонструють більш стабільну та передбачувану прибутковість, але з потенційно нижчим рівнем доходності.

Загальні висновки:

По-перше, можна побачити тенденцію по усім складовим ESG, що кластер С зазвичай має найбільшу середню прибутковість, але при цьому він пов'язаний переважно з найбільшими ризиками, «важкими» хвостами та ймовірністю екстремальних значень як позитивних так і негативних. При цьому наприклад

найбільший показник ексцесу (17,2803) приведений для складової «S». Даний кластер підійде для інвесторів, які готові ризикувати.

По-друге, у складових «E» та «S» кластер А має найменшу волатильність та високий показник ексцесу при помірному скосі. Також даний кластер є найкращим за показниками VaR та CVaR. Загалом даний кластер за цими складовими ESG є найкращим варіантом для більш консервативного інвестора.

Кластери А та В мають майже однакові міри ризику для складової G. При цьому кластер В для складової E має найбільше значення VaR та CVaR (-22,94%; -28,33%) серед усіх кластерів.

Наступним спостереженням можна також виділити, що загалом міри, що пораховані для складової G говорять про те, що ризик є меншим, ймовірність настання екстремальних значень є меншою, а розподіл прибутку більш симетричним.

Також можна помітити, що загалом усі показники скосу та ексцесу у нас додатні та в більшості випадків високі. До того ж високий і ризик. Для всіх кластерів є дуже високі показники VaR та CVaR. Це все в принципі характеризує наші активи як високоризикові та волатильні. Середня доходність менша за 0 пояснюється тим, що розглянутий часовий інтервал припадає на ведмежу фазу ринку.

2.3. Розрахунок показників VAWI та K-ratio

У даному підрозділі буде обраховано показники VAWI та K-ratio для верифікації та перевірки наших моделей (у даному випадку кластерів) за оцінками за кожною складовою ESG. Як зазначалося раніше основою для обрахунку даних показників є спостереження в іншому (наступному за базовим для обрахунку мір ризику) періоді, а саме 01.09.2023 – 10.03.2024 (28 значень).

VAWI (Value added weekly index)

Щотижневий індекс доданої вартості (VAWI) показує, якими були б щомісячні прибутки з часом від запропонованої інвестиції в \$1,000.

Щотижневий індекс доданої вартості відображає загальний дохід, отриманий інвестором за певний період часу. Він включає приріст капіталу, а

також реінвестування будь-яких виплат, таких як дивіденди та додаткові відсотки, отримані шляхом складення [30]. VAWI розраховується в 2 етапи:

1. $VAWI \text{ first point} = 1,000 * (1 + \text{current week's NET return})^{\$}$
2. $\text{Subsequent VAWI} = \text{Previous VAWI} * (1 + \text{current week's NET return})$

Реалізація даного розрахунку відбувалась в MS Excel на основі середньої доходності криптовалют кожного кластеру за кожною складовою ESG.

K-ratio

K-ratio - це оціночний показник, який досліджує послідовність прибутковості активу з плином часу. Дані для коефіцієнта отримують з щотижневого індексу доданої вартості (VAWI) у даному випадку, який використовує лінійну регресію для відстеження прогресу початкової інвестиції в 1000 доларів в аналізований актив [31].

Розрахунок включає лінійну регресію на логарифмічну кумулятивну прибутковість кривої тижневого індексу доданої вартості (VAWI).

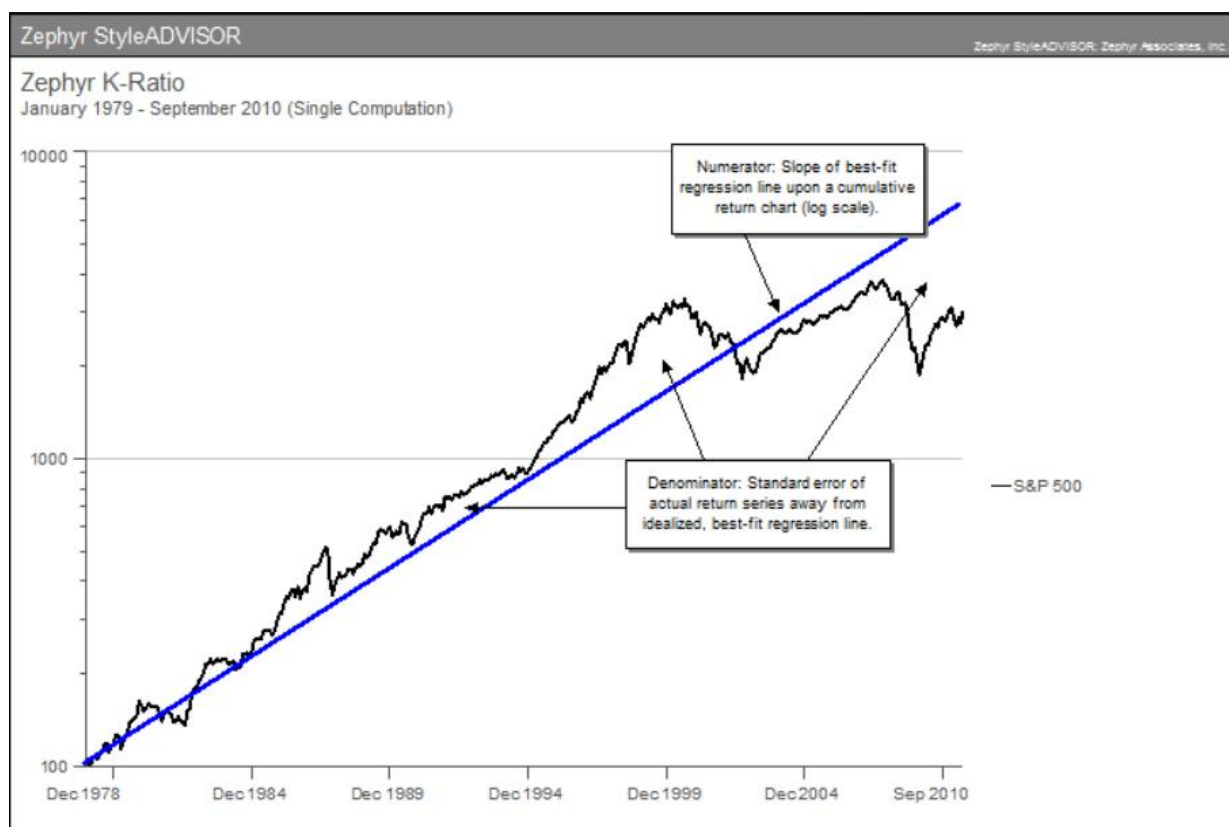


Рис 2.8. K-ratio chart

Джерело: [32]

Розрахунок показнику K-ratio здійснюється на основі кумулятивного показнику VAWI за наступною формулою:

$$\left(\frac{\text{Slope of Least-Squares Regression Trendline}}{\text{Standard Error of Slope}} \times \frac{\text{Square Root (NPY)}}{N} \right),$$

де N – к-ть спостережень,

NPY – к-ть спостережень за календарний рік.

У середовищі MS Excel дана формула виглядає наступним чином:

(НАКЛОН(порядкові номери спостережень; cumulative VAWI)* *КОРЕНЬ(КВАДРОТКЛ(порядкові номери спостережень)))/(СТОШУХ(C2:C101; cumulative VAWI))*(КОРЕНЬ(52)/СЧЁТ(порядкові номери спостережень))).

Як працює формула:

1. Обчислюється нахил лінії регресії Equity Value відносно порядкового номера спостереження.
2. Нормування нахилу лінії регресії, враховуючи кількість спостережень.
3. Нормований нахил ділиться на стандартну помилку нахилу.
4. Результат множиться на квадратний корінь з 52 для перетворення в річний K-Ratio.
5. Річний K-Ratio ділиться на кількість спостережень для отримання остаточного значення K-Ratio.

Нижче зображені результати розрахунків показників VAWI та K-ratio.

Таблиця 2.9

Результати розрахунку VAWI

Дата	E(A)VAWI	E(B)VAWI	E(C)VAWI	E(D)VAWI	S(A)VAWI	S(B)VAWI	S(C)VAWI	G(A)VAWI	G(B)VAWI	G(C)VAWI
	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
03.09.2023	1 006,20	1 008,95	988,33	999,00	1 003,20	1 007,66	982,05	998,36	1 017,82	985,48
10.09.2023	1 010,73	1 021,06	1 030,73	1 020,13	1 013,06	1 020,89	960,69	997,02	1 033,83	1 009,47
17.09.2023	1 015,78	994,82	1 015,37	1 007,43	1 011,66	1 021,83	963,72	991,82	1 044,23	998,56

Продовження табл.2.9

Дата	E(A)VAWI	E(B)VAWI	E(C)VAWI	E(D)VAWI	S(A)VAWI	S(B)VAWI	S(C)VAWI	G(A)VAWI	G(B)VAWI	G(C)VAWI
	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
24.09.2023	1 041,43	1 036,95	1 064,86	1 050,65	1 049,85	1 050,21	956,49	1 026,75	1 065,23	1 037,23
01.10.2023	1 035,28	1 039,49	1 052,97	1 047,86	1 060,42	1 032,40	945,01	1 032,41	1 051,36	1 018,68
08.10.2023	992,57	979,66	999,34	1 004,74	1 021,38	980,89	919,16	981,56	1 013,55	972,94
15.10.2023	1 048,72	1 022,87	1 069,62	1 087,13	1 102,95	1 027,66	932,22	1 033,37	1 081,51	1 024,84
22.10.2023	1 139,25	1 128,58	1 132,84	1 179,48	1 199,11	1 107,67	1 051,17	1 113,99	1 188,39	1 093,57
29.10.2023	1 247,55	1 194,43	1 141,48	1 242,00	1 299,30	1 207,84	1 050,43	1 230,49	1 285,32	1 114,91
05.11.2023	1 448,32	1 368,10	1 213,70	1 370,54	1 558,68	1 338,13	1 198,54	1 392,24	1 521,47	1 222,41
12.11.2023	1 435,85	1 334,18	1 177,49	1 330,39	1 555,21	1 310,86	1 175,95	1 422,24	1 460,28	1 175,52
19.11.2023	1 489,02	1 384,27	1 182,20	1 360,85	1 572,25	1 383,64	1 159,72	1 479,78	1 513,87	1 179,07
26.11.2023	1 508,38	1 394,73	1 221,61	1 396,51	1 598,91	1 397,67	1 217,59	1 519,62	1 513,93	1 206,26
03.12.2023	1 710,02	1 520,60	1 346,58	1 559,13	1 818,37	1 559,05	1 409,36	1 724,39	1 696,95	1 352,00
10.12.2023	1 742,13	1 568,73	1 276,02	1 487,41	1 853,73	1 548,20	1 514,43	1 753,38	1 710,30	1 337,37
17.12.2023	1 918,10	1 588,02	1 266,92	1 538,50	2 019,87	1 686,35	1 449,99	1 960,88	1 838,47	1 328,28
24.12.2023	1 912,04	1 633,92	1 323,93	1 539,50	1 973,71	1 736,60	1 381,70	1 964,70	1 834,58	1 358,94
31.12.2023	1 770,72	1 601,65	1 176,13	1 490,70	1 806,50	1 634,41	1 254,58	1 844,11	1 706,86	1 217,25
07.01.2024	1 831,24	1 741,07	1 245,57	1 798,01	1 876,09	1 738,72	1 274,78	1 934,94	1 744,35	1 373,77
14.01.2024	1 755,78	1 629,55	1 257,65	1 652,19	1 811,73	1 644,29	1 324,50	1 833,35	1 686,52	1 339,34
21.01.2024	1 726,54	1 535,94	1 205,58	1 637,57	1 786,67	1 611,67	1 221,05	1 801,12	1 658,47	1 282,85
28.01.2024	1 744,91	1 507,21	1 198,39	1 683,09	1 843,87	1 599,22	1 209,70	1 814,52	1 677,17	1 286,85
04.02.2024	1 868,96	1 617,09	1 234,94	1 811,01	1 955,44	1 722,64	1 250,95	1 934,70	1 815,53	1 329,83
11.02.2024	2 015,89	1 837,98	1 273,39	1 889,97	2 087,30	1 874,00	1 281,41	2 072,05	1 997,60	1 362,15
18.02.2024	2 113,22	2 186,10	1 289,64	1 890,82	2 080,70	2 054,03	1 302,62	2 200,71	2 107,17	1 373,78
25.02.2024	2 525,47	2 505,60	2 089,09	2 376,85	2 451,11	2 445,40	2 598,52	2 509,31	2 442,08	2 339,19
03.03.2024	2 822,04	2 919,14	2 146,61	2 603,01	2 545,07	2 766,86	3 645,34	2 817,62	2 649,11	2 674,44
10.03.2024	2 715,84	2 483,61	1 878,21	2 316,03	2 490,86	2 590,96	2 775,74	2 823,03	2 438,00	2 232,78

Джерело: розрахунки автора

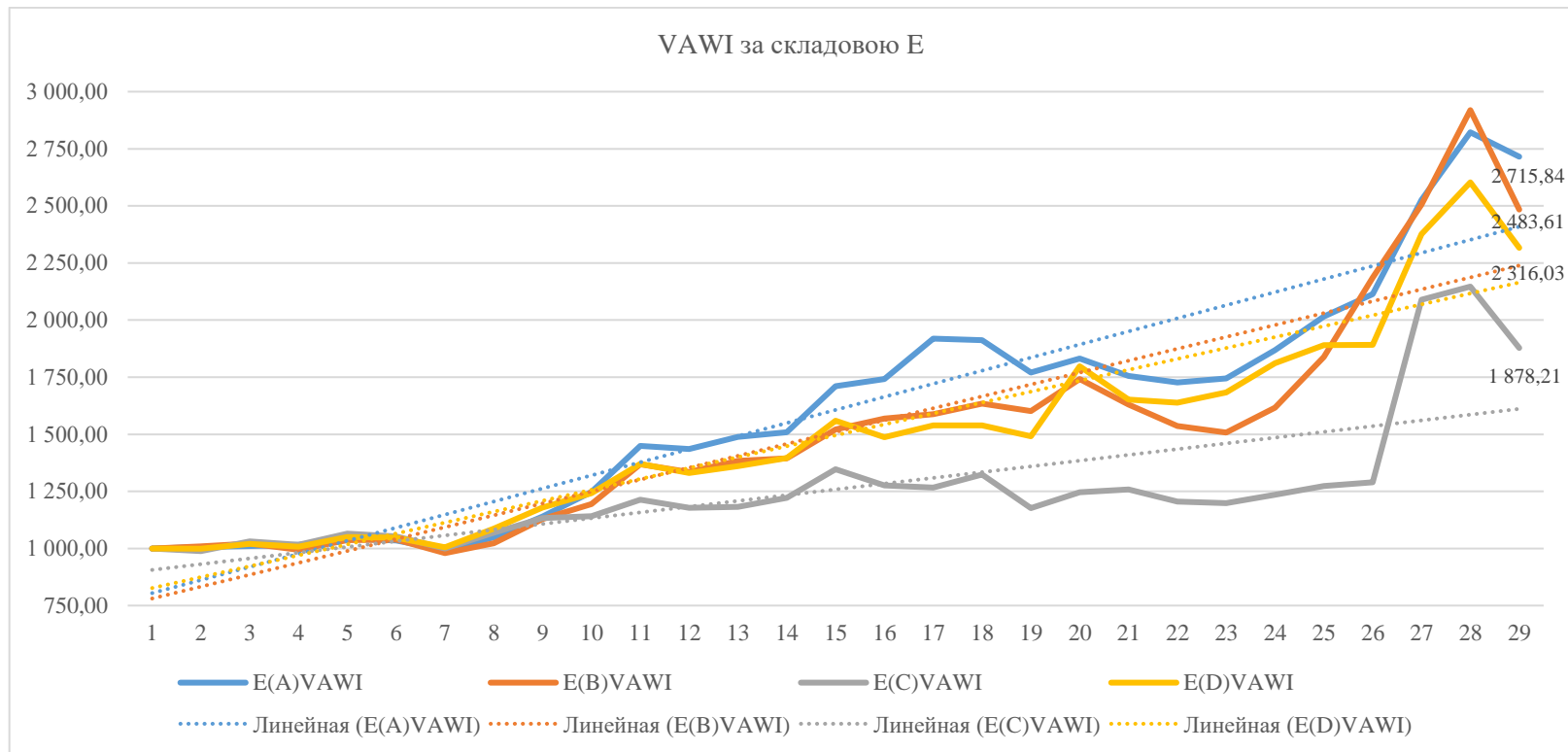


Рис 2.9. Розрахований показник VAWI для складової Е за кластерами

Джерело: розрахунки автора

Як бачимо з графіку, починаючи з 10-го періоду VAWI за кластерами починає сильно різнитись. До того ж ми можемо побачити, що у кластера С найбільші коливання, це підтверджує розрахунки мір ризику, що ми робили раніше, те ж саме ми можемо сказати про кластер В, де другий за величиною показник середньоквадратичного відхилення. Лінії тренду для кластерів В та D дуже схожі і ці графіки йдуть поруч. У той же час між графіками для А та С є велика різниця. Загалом

тут простежується залежність між оцінкою ESG складової та приростом капіталу. Також можна додати, що до 7-9 спостереження криві йдуть майже однаково на площині.

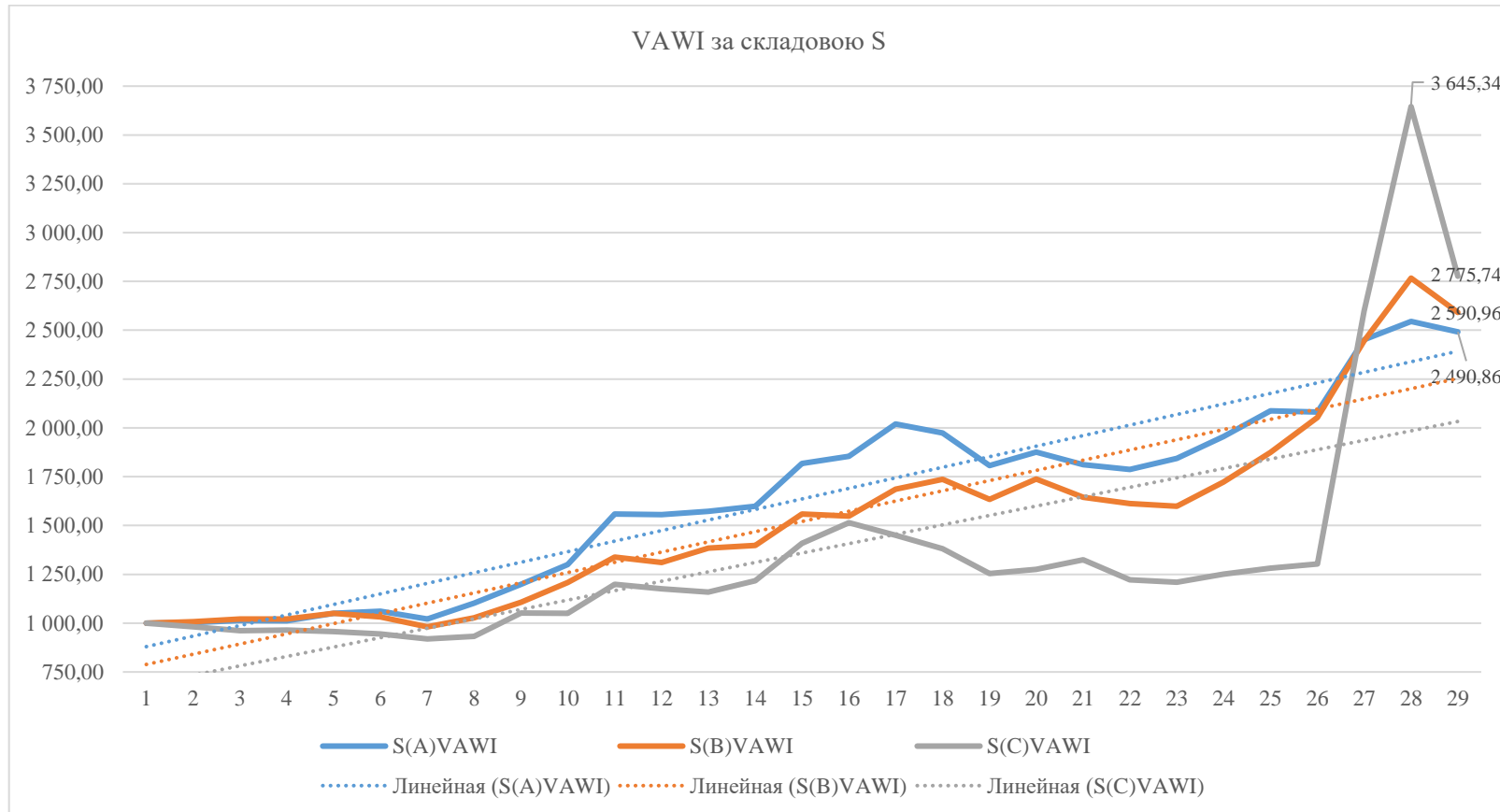


Рис 2.10. Розрахований показник VAWI для складової S за кластерами

Джерело: розрахунки автора

Знову ж таки, звертаючись до розрахунків мір ризику, ми бачимо, що кластер С найбільш волатильний і має найбільші показники асиметрії та ексцесу, що говорить нам про високу ймовірність екстремальних значень, у даному

випадку позитивних. Підтвердженням цьому є зміна величини вартості інвестиції майже в 2 рази на 28 значенні. Це пов'язано з тим, що сюди входять 2 токени, що є мемкоїнами (DOFE та SHIB), які я дуже волатильними та часто є базою для спекуляцій. Загалом ми бачимо майже рівно пропорційну зміну вартості портфеля для А та В, до того ж кластер А майже завжди вищу за інші криву і має найвищу лінію тренду.

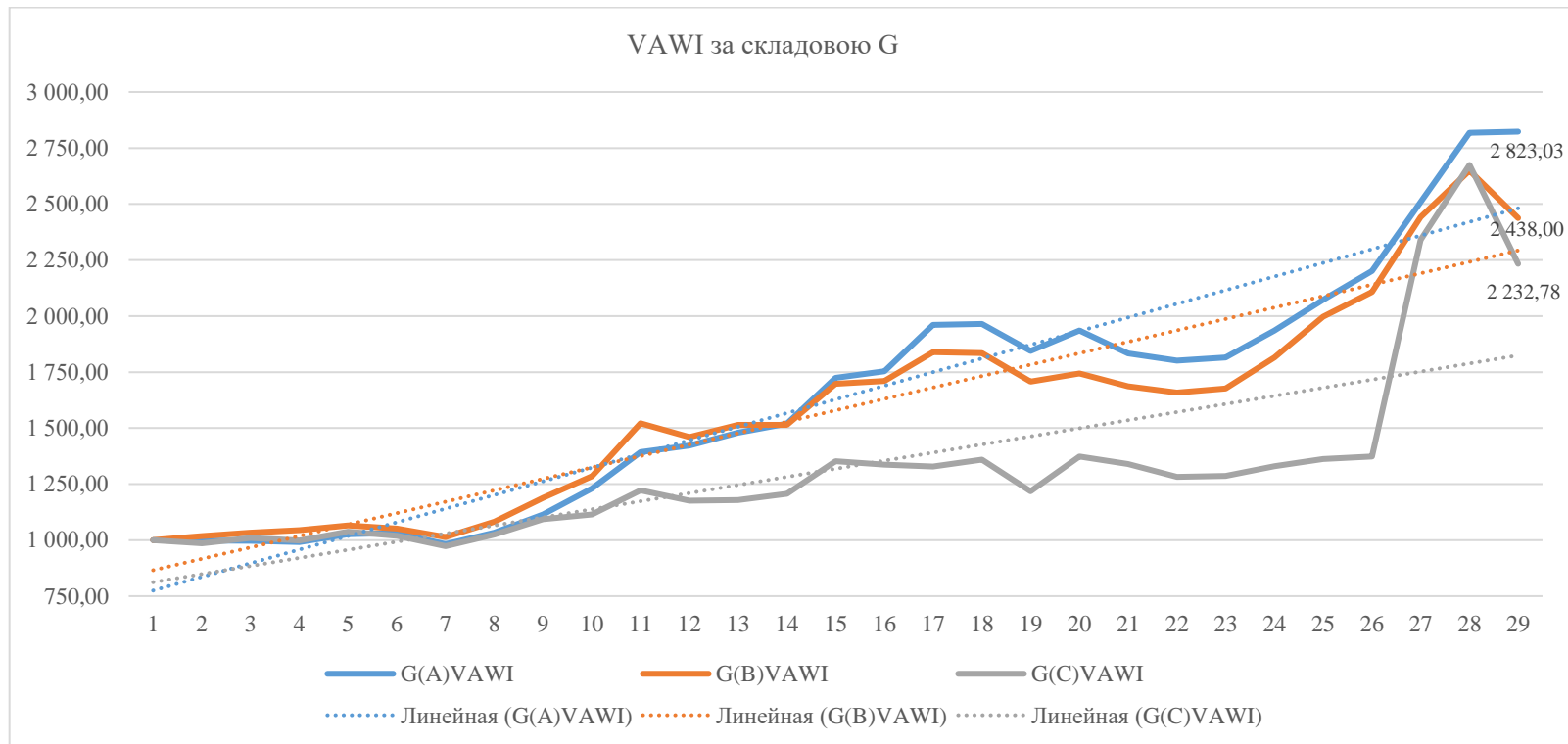


Рис 2.11. Розрахований показник VAWI для складової G за кластерами

Джерело: розрахунки автора

Аналізуючи графік за даною складовою ESG можна знову таки провести паралелі з тим, що кластер С має найвищі показники ризиковості. До того ж з розрахунків для минулого періоду в табл.2.8. ми бачимо, що даний кластер має найвищу доходність, хоча на контрольному періоду саме кластер А має найвищу доходність. Також варто звернути увагу, що крива А та В йдуть весь час майже однаково до 16 спостереження, де крива А стає вищою за криву В.

Загальні висновки:

Загалом на даному часовому періоді ми бачимо, що лінія кластера А для кожної складової ESG завжди вища за інші. У нас простежується залежність між приростом доданої вартості та оцінкою кластеру. Кластер С є дуже волатильним і хоча весь час розташовується нижче інших кривих, але в кінцевих періодах може дати екстремальну прибутковість, тобто високі стрибки кривої. Тому можна простежити дійсно кореляцію з показниками, що були пораховані в табл.2.6-табл.2.8.

Також варто зауважити, що на всіх графіках для кожної складової ми бачимо, що криві йдуть на майже однаковому або однаковому рівні, до +/- 9 спостереження (22.10.2023), коли починалася активна фаза росту ринку, тому ми бачимо приріст кожного кластеру на даному часовому інтервалі порівняно з тим інтервалом для якого ми рахували міри ризику. Також варто помітити, що незалежно від кластерів та складових загалом криві мають сильні відхилення від лінії тренду, особливо в кінці даного часового інтервалу, що черговий раз говорить нам про високу волатильність криптовалют та ймовірність екстремальних значень.

Наступним кроком на основі VAWI було пораховано показник K-ratio для кожного кластеру. Результати зображені в табл.2.10.

Таблиця 2.10

Результати розрахунку VAWI та K-ratio

	K-Ratio	Рівняння лінії тренду
E(A)VAWI	3,4689	$y = 57,298x + 747,15$
E(B)VAWI	2,5581	$y = 52,067x + 728,8$
E(C)VAWI	1,4096	$y = 25,182x + 880,87$
E(D)VAWI	3,5019	$y = 47,776x + 778,89$
S(A)VAWI	4,1812	$y = 54,032x + 825,63$
S(B)VAWI	3,0081	$y = 52,3x + 736,18$
S(C)VAWI	1,1643	$y = 48,125x + 637$
G(A)VAWI	3,8846	$y = 60,935x + 713,85$
G(B)VAWI	3,5303	$y = 50,972x + 814,52$
G(C)VAWI	1,4788	$y = 36,155x + 775,88$

Джерело: розрахунки автора

Одразу треба зазначити, що K-Ratio більше 1 вважається хорошим результатом, оскільки він розраховується як відношення нахилу лінії регресії кумулятивної прибутковості до її стандартної помилки. Коли K-Ratio більше 1, це означає, що нахил лінії регресії (прибутковість) перевищує її стандартну помилку (ризик). Іншими словами, інвестиція приносить достатньо прибутку, щоб компенсувати її волатильність. Показник K-ratio > 2 вважається чудовим результатом.

Нахил лінії регресії: Відображає середню прибутковість інвестиції за певний період. Чим крутіший нахил, тим вища прибутковість.

Стандартна помилка нахилу: Показує, наскільки сильно коливається прибутковість інвестиції навколо лінії регресії. Чим менша стандартна помилка, тим стабільніша прибутковість.

Нахил лінії регресії показує коефіцієнт біля «X» з лінії тренду. Як бачимо з табл.2.10 найбільші коефіцієнти саме для кластерів «А» та «В», а також «D», що вказує на вищу прибутковість, менші для «С». До того ж для кластерів «С» K-ratio

до 1,5, що говорить про майже однакову відповідність прибутку до ризику, адже ризик для даних кластерів високий, а прибутковість не така висока і більше екстремальних значень. Цікава ситуація з кластером «D», що по суті D це найнижча оцінка, але він має високі показники нахилу кривої та показник K-ratio. Це пов'язано з тим, що сюди входить BTC та ETC, де BTC є монетою, яка стабільніша за інші альткоїни і у неї не так сильно відхиляються значення від лінії тренду.

Загалом показники K-ratio для всіх кластерів > 1 , що вказує на вищу прибутковість у порівнянні з ризиком і показує хорошу тенденцію приросту капіталу. Найвищі показники K-ratio знову ж таки для кластерів «A» та «B», до того ж найбільше значення саме для кластеру «A» складової S. Хоча у середньому за кластерами візуально видно, що для складової G показники K-ratio вищі. Це може бути пов'язано з тим, що криптовалюти з високими оцінками управління (G) можуть демонструвати стабільніше зростання вартості з меншою волатильністю, що призводить до вищого K-Ratio, адже проекти з ефективним управлінням мають чіткі стратегії, прозору структуру та менше внутрішніх конфліктів, скамів, спекулятивних дій, тощо, що знижує ризик для інвесторів.

Загалом простежується прямо пропорційна залежність між оцінкою кластера та значенням K-ratio, тобто **чим вище оцінка – тим краще K-ratio.**

РОЗДІЛ III. Моделювання ризику на основі портфельного підходу

3.1. Загальна задача портфельного підходу

Почнемо даний розділ з теоретичного опису сучасного портфельного підходу Гаррі Марковіца. У даному розділі портфельний підхід Марковіца буде використаний для побудови оптимальних портфелів з мінімальним ризиком за кластерами за кожною складовою ESG, для яких був зроблений аналіз мір ризику у 2-му розділі.

У 1952 році економіст Гаррі Марковіц представив свою дисертацію "Вибір портфеля", яка містила революційні теорії, що змінили підходи до управління портфелем і принесли йому Нобелівську премію з економіки майже через чотири десятиліття. Марковіц продемонстрував, що замість фокусування на ризику кожного окремого активу, диверсифікований портфель може бути менш волатильним, ніж сума його складових. Незважаючи на те, що окремі активи можуть бути досить мінливими, волатильність усього портфеля може бути значно нижчою завдяки ефекту диверсифікації.

Марковіц створив формулу, яка дозволяє інвестору математично порівнювати відношення до ризику та очікування винагороди, в результаті чого створюється ідеальний портфель [33].

У основі цієї теорії лежать дві фундаментальні концепції:

1. Максимізація прибутку: кожен інвестор прагне досягти максимального прибутку за будь-якого рівня ризику.
2. Зменшення ризику через диверсифікацію: ризик можна знизити, формуючи диверсифікований портфель з некорельованих цінних паперів.

Сучасна портфельна теорія (МРТ) виходить з припущення, що інвестори за своєю природою не схильні до ризику і віддають перевагу портфелям з меншим ризиком при однаковому рівні прибутку. Відповідно, інвестори готові брати на себе підвищений ризик лише за умови очікування більшої винагороди.

МРТ також передбачає, що раціональний інвестор завжди вибере менш волатильний актив, якщо обидва варіанти пропонують однаковий очікуваний прибуток.

Загальний ризик портфеля розраховується з урахуванням дисперсії кожного активу та кореляцій між ними. Кореляції між активами впливають на загальний ризик портфеля, зменшуючи стандартне відхилення порівняно зі зваженою сумою окремих ризиків.

Ризик визначається як діапазон, у якому в середньому коливатиметься ціна активу. Марковіц розділив ризик на дві категорії:

- *Систематичний ризик*: це ринковий ризик, який неможливо зменшити диверсифікацією. Він відображає ймовірність того, що весь ринок або сегмент ринку зазнають втрат, які негативно вплинуть на інвестиції. Важливо відзначити, що МРТ не стверджує, що може усунути цей тип ризику, оскільки він притаманний всьому ринку або сегменту ринку.
- *Несистематичний ризик*: також відомий як специфічний ризик, він характерний для окремих акцій і може бути зменшений шляхом диверсифікації, тобто збільшення кількості акцій у портфелі.

Ефективна межа. Хоча переваги диверсифікації очевидні, інвестори повинні визначити оптимальний для себе рівень диверсифікації. Це можна зробити за допомогою так званої Ефективної межі, графічного представлення всіх можливих комбінацій ризикованих цінних паперів, що забезпечують оптимальний рівень прибутку за певного рівня ризику. Для цього існують два основні підходи, які ми пізніше розглянемо на практиці:

- **Мінімізація ризику**: для будь-якого рівня прибутку інвестори можуть створити портфель, який пропонує найменший можливий ризик.
- **Максимізація прибутку**: для кожного рівня ризику інвестори можуть створити портфель, який пропонує найвищий прибуток.

Будь-який портфель, який знаходиться поза Ефективною межею, вважається неоптимальним з однієї з двох причин: він або несе занадто великий

ризик відносно його прибутку, або занадто низький дохід відносно його ризику. Портфель, розташований нижче Ефективної межі, не забезпечує достатнього прибутку порівняно з рівнем ризику. Портфелі, знайдені праворуч від Ефективної межі, мають вищий рівень ризику для визначеної норми прибутку.

У кожній точці Ефективної межі інвестори можуть створити принаймні один портфель з усіх доступних інвестицій, який має очікуваний ризик і прибутковість, що відповідають цій точці. Портфель, розташований у верхній частині кривої, є ефективним, оскільки він дає максимальний очікуваний прибуток для даного рівня ризику.

Ефективна межа наочно демонструє силу диверсифікації. Не існує єдиної Ефективної межі, оскільки інвестори можуть змінювати кількість і характеристики активів відповідно до своїх потреб [33].

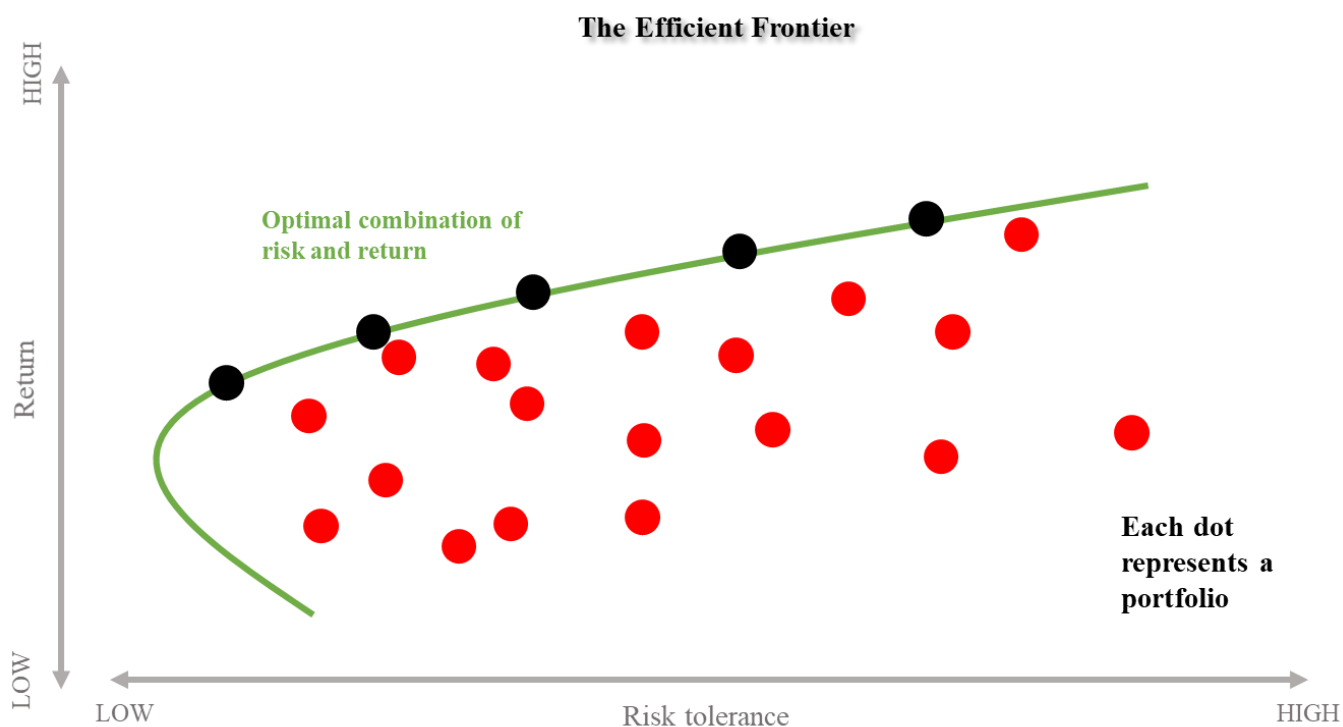


Рис.3.1. The Efficient Frontier of Markowitz portfolio theory

Джерело: розрахунок автора

Оптимальним є той портфель, який проходить через ефективну межу. Для інвестора абсолютно не схильного до ризику це портфель з мінімальним ризиком

(чорна точка, яка проходить через ефективну межу). Зі зростанням схильності до ризику зростає ризиковість портфеля інвестора і, відповідно, доходність.

Марковіц ввів поняття допустимого та ефективного портфелів:

Допустимий портфель – будь-який портфель, який інвестор може сформувати з доступних активів. Сукупність допустимих портфелів утворює допустиму множину.

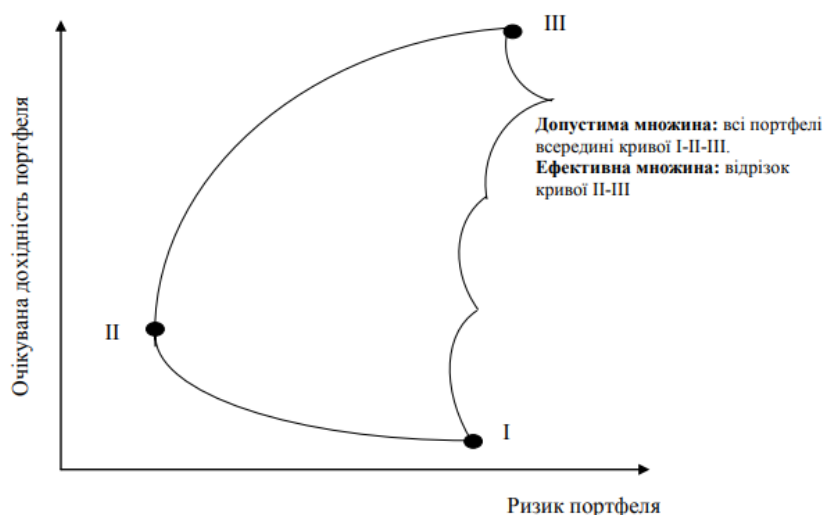


Рис.3.2. Допустима та ефективна множина портфелів згідно з теорією Марковіца
Джерело: [23]

Ефективний портфель (за критерієм ризик/дохідність): це допустимий портфель з множини, який:

- забезпечує максимальну очікувану дохідність для певного рівня ризику;
- забезпечує мінімальний ризик для певного рівня очікуваної дохідності.

Набір ефективних портфелів утворює ефективну множину.

Оптимальний портфель обирається кожним інвестором з ефективної множини, виходячи з його індивідуальної схильності до ризику, яка відображається кривою байдужості (показує ставлення інвестора до ризику та дохідності).

Властивості кривих байдужості:

- Усі портфелі, що лежать на одній кривій байдужості, є рівноцінними для інвестора.

- Інвестор вважатиме будь-який портфель, що лежить на кривій байдужості, розташованій вище та лівіше, більш привабливим, ніж будь-який портфель, що лежить на кривій байдужості, розташованій нижче та правіше.
- Оптимальний портфель для інвестора знаходиться в точці перетину його кривої байдужості та ефективної множини (див. рис.3.3).

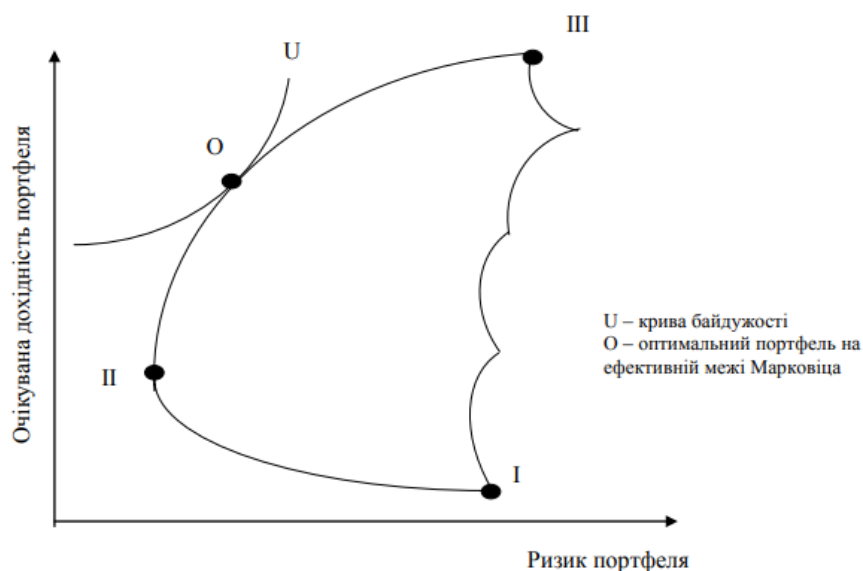


Рис.3.3. Вибір оптимального портфеля інвестиційних активів

Джерело: [23]

Модель Марковіца базується на тому, що показники прибутковості різних цінних паперів взаємопов'язані: із зростанням доходності одних паперів спостерігається одночасне зростання і по іншим паперам, треті залишаються без змін, а в четвертих, навпаки доходність знижується. Такий вид залежності не детермінований, тобто однозначно визначений, а є стохастичним, і називається кореляцією.

Модель Марковіца має наступні основні припущення:

- за доходність цінних паперів приймається математичне очікування доходності;
- за ризик цінних паперів приймається середнє квадратичне відхилення доходності;

- вважається, що дані минулих періодів, які використані при розрахунках доходності і ризику, повністю відображають майбутні значення доходності;
- ступінь і характер взаємозв'язку між цінними паперами виражається коефіцієнтом лінійної кореляції [35].

За моделлю Марковіца *доходність портфеля цінних паперів* — це середньозважена доходність паперів, його складових, яка визначається формулою:

$$R_p = \sum_{i=1}^n W_i * r_i, \quad (3.1)$$

де n – кількість цінних паперів у портфелі;

r_i – доходність конкретного цінного паперу;

W_i – процентна частка даного цінного паперу в портфелі;

Ризик портфеля цінних паперів визначається функцією:

$$\sigma_p = \sqrt{(\sum_{(a=1)}^n \sum_{(b=1)}^n (W_a * \sigma_a * W_b * \sigma_b * cov_{ab}))}, \quad (3.2)$$

де W_i – частка даних цінних паперів у портфелі, виражена у відсотках;

cov_{ab} – коефіцієнт лінійної коваріації;

σ_i , – ризик даного паперу (середньоквадратичне відхилення).

З використанням моделі Марковіца для розрахунку характеристик та структури портфеля можуть використовуватися пряма або обернена задачі:

Обов'язковими умовами при розв'язуванні будь-якої з них є наступні:

1. Сума часток усіх акцій (у відсотках) складає 100%: $W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1$
2. Частка акцій не може бути від'ємною: $W_i \geq 0$

Пряма задача оптимізації передбачає вибір такої структури портфеля, при якій ризик портфеля не перевищує допустимого значення, а доходність є максимальною. Вирішити її можна, розв'язавши систему рівнянь:

$$\begin{cases} R_p \rightarrow \max \\ \sigma_p \leq \sigma_{req} \\ W_i \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n W_i = 1 \end{cases}, \quad (3.3)$$

Для *оберненої задачі* задається певна мінімально допустима величина доходності. В такому випадку задача оптимізації передбачає вибір такої структури портфеля, прибуток якого є вищим або дорівнює заданому значенню, а ризик мінімальний:

$$\begin{cases} R_p \geq R_{req} \\ \sigma_p \rightarrow \min \\ W_i \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n W_i = 1 \end{cases}, \quad (3.4)$$

При застосуванні моделі Марковіца на практиці для оптимізації фондового портфеля використовуються наступні формули [23]:

- 1) **Очікувана дохідність** цінного папера за період володіння визначається так: $r_i = (\text{Очікувана вартість у кінці періоду} / \text{Поточна вартість}) - 1$. На практиці для розрахунку дохідності цінного паперу використовується статистична дохідність:

$$r_i = \frac{P_i - P_0}{P_0}, \quad (3.5)$$

де P_i – ціна фінансового інструменту в кінці періоду (дня, тижня, місяця, року);

P_0 – ціна фінансового інструменту на початок періоду.

- 2) **Середньоквадратичне відхилення дохідності** (волатильність) цінного папера визначається за формулою:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}}, \quad (3.6)$$

де n – кількість періодів (днів, місяців, років);

r_i – дохідність цінного папера в період i ;

\bar{r} – середня дохідність цінного папера за n періодів:

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n}, \quad (3.7)$$

- 3) **Коваріація** відображає статистичну міру взаємозв'язку двох змінних. Додатне значення коваріації показує, що дохідності цінних паперів мають тенденцію змінюватися в одному напрямі, а при від'ємній коваріації навпаки. Коваріація двох цінних паперів визначається за формулою:

$$\text{COV}_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^n (r_{a_i} - \bar{r}_a)(r_{b_i} - \bar{r}_b)}{n}, \quad (3.8)$$

- 4) Коефіцієнт кореляції нормує коваріацію для полегшення порівняння з іншими парами змінних і щодо двох цінних паперів розраховується за формулою:

$$\text{corr}_{ab} = \frac{\text{COV}_{ab}}{\sigma_a \sigma_b}, \quad (3.9)$$

Коефіцієнт кореляції змінюється в інтервалі від -1 до +1. Якщо він дорівнює +1, то це свідчить про додатну кореляцію і дохідність двох цінних паперів змінюється однаково, а коли коефіцієнт дорівнює -1, то зміна дохідності одного цінного папера повністю протилежна до зміни дохідності іншого.

Спираючись на дані параметри (дохідність цінних паперів, їх стандартні відхилення та коваріації дохідностей), Марковіц пропонує здійснювати пошук ефективного портфеля. Узагальнюючи, можна виділити такі ключові положення теорії Марковіца:

- *Несхильність до ризику*: інвестор, обираючи між двома інструментами з однаковою очікуваною доходністю, віддасть перевагу інструменту з меншим ризиком.
- *Прагнення до максимальної доходності*: всі інвестори прагнуть досягти максимальної очікуваної доходності за заданого рівня ризику.
- *Однорідність очікувань*: у всіх інвесторів однакові погляди на очікувані доходності, волатильність та коваріації всіх ризикових активів.
- *Однаковий інвестиційний горизонт*: усі інвестори мають однаковий інвестиційний горизонт.
- *Ризикові активи*: портфель формується лише з ризикових активів.
- *Двопараметрична модель*: на рішення інвестора впливають лише два параметри – очікувана доходність та ризик.

3.2. Аналіз взаємозв'язку між доходністю криптовалют за кожним кластером

У даному підрозділі було побудовано кореляційну матрицю для 32 криптовалют на основі часового інтервалу, що розглядався для обрахунку та аналізу мір ринкового ризику (01.01.2021-31.08.2023) для того, щоб прослідкувати та проаналізувати залежність між значеннями доходності для криптовалют за загальними оцінками ESG.

Дослідження кореляції між криптовалютами за ESG оцінками є важливим кроком для оцінки ефективності диверсифікації портфелів. Воно допоможе інвесторам зрозуміти, наскільки ефективно вони можуть диверсифікувати свої портфелі, використовуючи криптовалюти з різних ESG-кластерів. Сильна кореляція між криптовалютами одного ESG-кластеру може є небажаною, оскільки знижує ефективність диверсифікації портфеля.

Матриця кореляції доходностей для кластеру "В" за ESG скорингом

	ETH	USDT	BNB	XRP	DOT	TRX	LINK	NEAR	UNI	LEO	FIL	ATOM	IMX	GRT	HBAR	XLM	CRO	FTM	MKR	VET
ETH	1,0000																			
USDT	0,0296	1,0000																		
BNB	0,8265	-0,0455	1,0000																	
XRP	0,5296	0,0488	0,5441	1,0000																
DOT	0,8530	-0,0320	0,7779	0,5297	1,0000															
TRX	0,6093	-0,1190	0,6238	0,3843	0,6160	1,0000														
LINK	0,7386	0,0205	0,6994	0,5767	0,7831	0,4838	1,0000													
NEAR	0,7236	0,0087	0,6960	0,4910	0,8234	0,4859	0,7156	1,0000												
UNI	0,7967	-0,0297	0,7937	0,5718	0,8163	0,6180	0,7437	0,7088	1,0000											
LEO	0,2280	0,1344	0,1200	0,2142	0,2242	0,1109	0,1875	0,1194	0,1561	1,0000										
FIL	0,7188	-0,0613	0,7378	0,5025	0,8330	0,5979	0,7143	0,6569	0,7650	0,1292	1,0000									
ATOM	0,7460	0,0357	0,7244	0,4600	0,7837	0,4482	0,7618	0,8026	0,7649	0,1707	0,6605	1,0000								
IMX	0,6364	-0,2479	0,6541	0,3789	0,7040	0,5460	0,5638	0,5369	0,6826	0,0620	0,6347	0,5599	1,0000							
GRT	0,7300	-0,0934	0,6995	0,4837	0,7535	0,5423	0,7383	0,6871	0,6913	0,0571	0,7249	0,6888	0,7257	1,0000						
HBAR	0,6715	0,0248	0,5926	0,5155	0,7213	0,4593	0,6294	0,6129	0,6162	0,1735	0,6306	0,6248	0,6010	0,6885	1,0000					
XLM	0,6794	-0,0087	0,6264	0,7704	0,7499	0,5273	0,7854	0,6603	0,7336	0,2115	0,6575	0,6113	0,5434	0,6311	0,6511	1,0000				
CRO	0,7966	0,0282	0,7693	0,6396	0,7530	0,4916	0,6833	0,7380	0,7125	0,1741	0,6961	0,6970	0,5837	0,6933	0,6438	0,7136	1,0000			
FTM	0,7059	-0,0890	0,7353	0,4515	0,7948	0,5151	0,6876	0,8121	0,7537	0,0838	0,6931	0,8116	0,6373	0,6874	0,5957	0,5857	0,7186	1,0000		
MKR	0,5790	0,0248	0,4942	0,3304	0,5679	0,3712	0,4822	0,4836	0,6078	0,1682	0,5126	0,4542	0,3667	0,4969	0,4930	0,5423	0,5297	0,4052	1,0000	
VET	0,8144	-0,0700	0,7912	0,5573	0,8746	0,6796	0,8131	0,7851	0,8069	0,2056	0,8207	0,7273	0,6323	0,7559	0,7046	0,7761	0,8076	0,7733	0,5178	1,0000

Джерело: розрахунки автора

Як бачимо з даної кореляційної матриці більшість монет мають між собою середній ступінь зв'язку. До того ж лише монети ETH, DOT мають більшість сильних лінійних зв'язків з іншими криптовалютами. Стейблкоїни, що не дивно мають близький до нуля зв'язок з іншими монетами, що пояснюється тим, що вони за своєю природою є стабільними та завжди біля 1\$. Також монетка LEO має найменший взаємозв'язок з іншими криптовалютами. Загалом середнє значення кореляції по усій матриці становить 0,5304, що говорить про позитивну кореляцію середньої сили.

Таблиця 3.2

Матриця кореляції доходностей для кластеру "А" за ESG скорингом

	<i>SOL</i>	<i>USDC</i>	<i>AVAX</i>	<i>ADA</i>	<i>MATIC</i>	<i>DAI</i>
<i>SOL</i>	1,0000					
<i>USDC</i>	0,0955	1,0000				
<i>AVAX</i>	0,8171	0,1011	1,0000			
<i>ADA</i>	0,7349	0,1091	0,7484	1,0000		
<i>MATIC</i>	0,6794	0,0463	0,8550	0,7179	1,0000	
<i>DAI</i>	0,0970	0,9793	0,0759	0,1052	0,0350	1,0000

Джерело: розрахунки автора

Аналізуючи дану таблицю можемо знову ж таки побачити багато червоного та помаранчевого кольору, які пов'язані зі стейблкоїнами. Найбільший попарний зв'язок між криптовалютами, що не є стейблкоїнами для пари *MATIC-AVAX*. Загалом більшість зв'язків перебувають у вищому за середній рівні лінійного зв'язку (але до 0,8). Загалом середнє значення кореляції по усій матриці становить 0,4131, що говорить про позитивну кореляцію середньої сили, але ближчої до слабкого зв'язку. Таблиця 3.3

Матриця кореляції доходностей для кластеру "С" за ESG скорингом

	<i>DOGE</i>	<i>SHIB</i>	<i>BCH</i>	<i>LTC</i>
<i>DOGE</i>	1,0000			
<i>SHIB</i>	0,7116	1,0000		
<i>BCH</i>	0,3988	0,4667	1,0000	
<i>LTC</i>	0,5663	0,6754	0,6475	1,0000

Джерело: розрахунки автора

У даній кореляційній матриці майже всі зв'язки є середніми за своєю силою і загалом меншими ніж для інших кластерів. Лише зв'язок між токенами *SHIB-DOGE* (0,7116), що обидва вважаються мемкоїнами є вищим за середній. Загалом середнє значення кореляції по усій матриці становить 0,5777, що говорить про позитивну кореляцію середньої сили між криптовалютами кластера.

Таблиця 3.4

Матриця кореляції доходностей для кластеру "D" за ESG скорингом

	<i>BTC</i>	<i>ETC</i>
<i>BTC</i>	1,0000	
<i>ETC</i>	0,6909	1,0000

Джерело: розрахунки автора

Даний кластер є найменшим за загальним ESG скорингом і враховує лише 2 монети. Як бачимо зв'язок є середнім. Загалом по усім кластерам більшість взаємозв'язків між криптовалютами є саме середніми за своєю силою, що дає нам можливість провести не викривлене сильним взаємозв'язком дослідження. До того ж найменший лінійний зв'язок між криптовалютами саме у парі зі стейблкоїнами, що пояснюється їхньою природою та призначенням бути на рівні 1\$. Найбільший взаємозв'язок з іншими токенами та монетами мають криптовалюти ETH, DOT та VET.

3.3. Побудова оптимальних інвестиційних портфелів

Метою даного підрозділу є побудова оптимальних інвестиційних портфелів за класичною теорією Марковіца за кожною складовою ESG та кожним кластером А, В, С, D. Так як ціллю даної роботи є дослідження саме ризиків інвестування в криптовалюту з врахуванням ESG критеріїв, оптимальні інвестиційні портфелі будуть будуватися за оберненою задачею Марковіца, тобто з цільовою функцією мінімізації ризику. Також додатково для порівняння буде побудований портфель з мінімальним ризиком, ураховуючи усі 32 криптовалюти. Результатами даного розділу будуть зображені графічно ефективні множини з інвестиційних портфелів за бажаним рівнем доходності та при цьому мінімальним ризиком за кожною складовою ESG та кожним кластером.

Також необхідно додати, що для побудови ефективної межі спочатку були розраховані точки з: а) максимальним доходом, б) мінімальним доходом та в) мінімальним ризиком. Додатково було вирішено побудувати ефективну множину портфелів без врахування стейблкоїнів, адже вони дуже викривлювали загальну картину. Логіка такого кроку полягає в тому, що навіщо інвестору інвестувати в криптовалюту в стейблкоїни, які принесуть йому нульову доходність, якщо він може просто тримати долари готівкою або в банку, або навіть купити безризикові активи такі як наприклад облігації уряду США, на яких заробить більше коштів. Причини інвестування в криптовалюту в даному випадку можуть полягати у тому, що криптовалюта дає анонімність, більші

ліміти на використання коштів та децентралізоване їх зберігання. Це ті плюси, які не дають фіатні кошти.

Почнемо наш аналіз з графіку, де зображені ефективні портфелі для всіх криптовалют, якщо взагалі не робити кластеризацію. Також варто зазначити, що таблиці з результатами розрахунків зазначені в Додатку Б даної роботи.

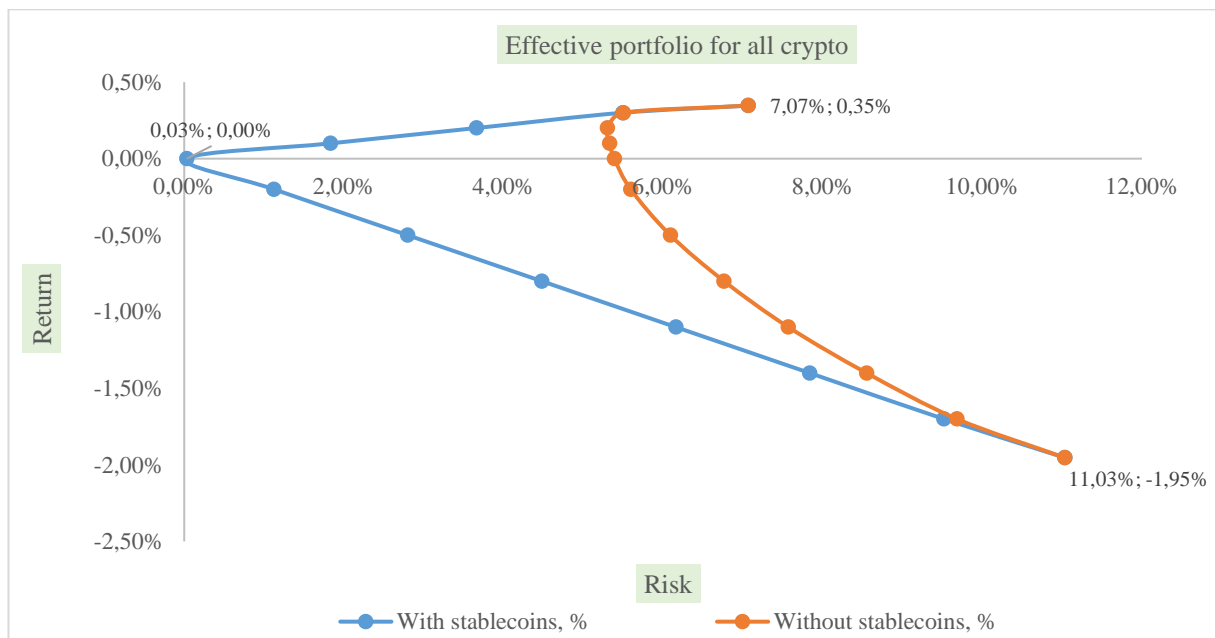


Рис.3.4. Ефективна множина портфелів з усіх криптовалют

Джерело: розрахунки автора

Як бачимо з графіку, набір портфелів де враховані стейблкоїни тяжіє до мінімальної доходності в 0, при цьому усі точки, що містять стейблкоїни мають менший ризик та меншу доходність. У той же час ефективна множина без врахування стейблкоїнів більш полого та «закручена», що говорить про більший ризик цих портфелів але при цьому більшу доходність що є в діапазоні від -1,95% до 0%. Також як бачимо, тут працює правило диверсифікації, в чому в принципі і полягає суть портфельної теорії Марковіца, коли спочатку у нас в портфелі лише одна монета і ця точка має найбільший ризик (у даному випадку -1,95%), потім починає працювати диверсифікація і наш портфель малює таку криву, де зазвичай в центрі або ближче до найбільшої доходності ми маємо найменший ризик, потім в останній точці (з найбільшою доходністю) та ближче до неї у нас знову високий ризик, адже це зазвичай означає, що портфель знову містить лише

одну монету. Ці два графіки співпадають в кінці та на початку, адже ні там, ні там в портфелях немає стейблкоїнів (див. Додаток).

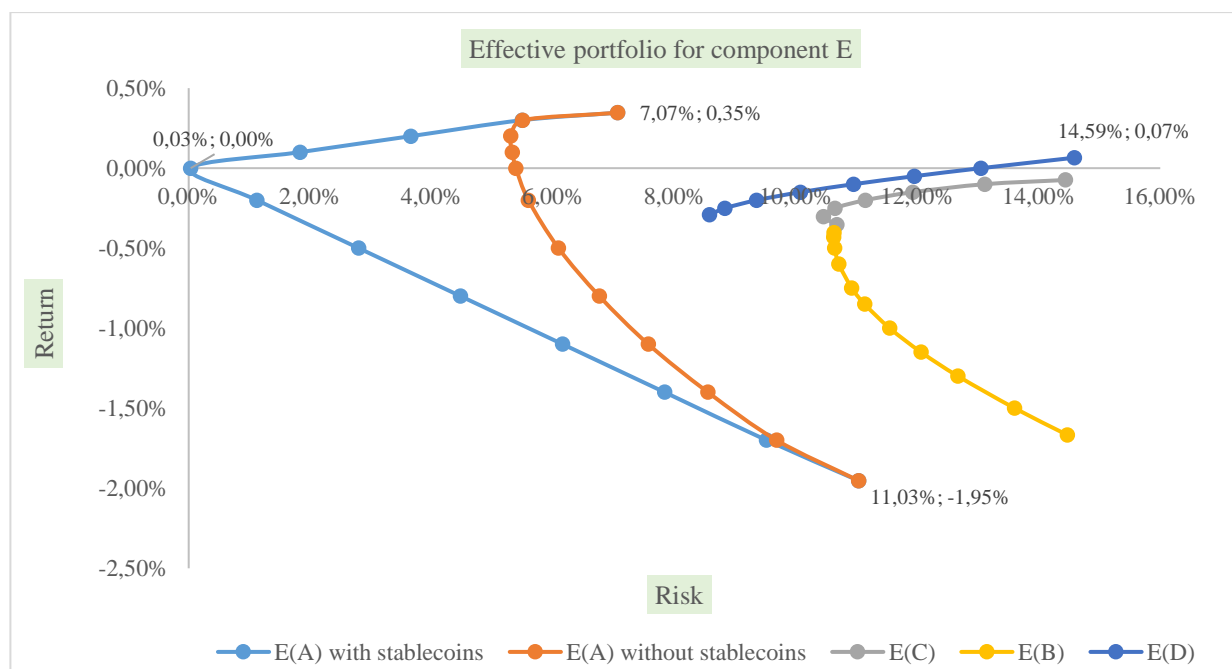


Рис.3.5. Ефективна множина портфельів для складової E за кластерами

Джерело: розрахунки автора

З даного графіку бачимо динаміку для кластеру «А» ту ж саму, що була для усіх криптовалют, але при цьому також можна помітити, що кластери, де мало монет (В, С, D) мають набагато вищий рівень ризику та менший діапазон можливої доходності. Причиною цьому є те, що у нас є небагато варіантів диверсифікації портфельів. Також бачимо що кластер «D» має найбільший діапазон ризику від більш ніж 8% до 14,59%. Причиною цьому є це, що в даному кластері є лише 2 монети (BTC та ETC). Також підтверджується тенденція, що кластер «А» має найбільшу максимальну доходність та найменший ризик. Загалом для блокчейнів та токенів, які є кращими для навколишнього середовища та мають менше енергоспоживання, є кращими показники ризику та доходності.

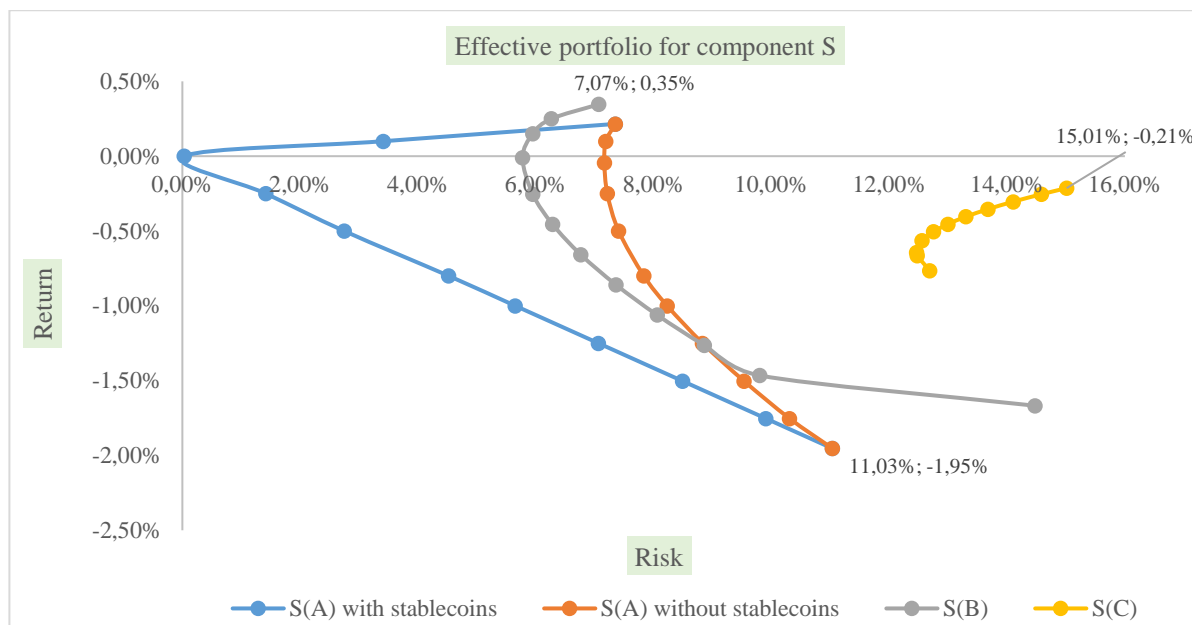


Рис.3.6. Ефективна множина портфелів для складової S за кластерами

Джерело: розрахунки автора

Для даної складової ESG результати кластерів дещо відрізняються від результатів складової «Е». Тут ми бачимо найбільший ризик та найменшу можливу доходність саме для кластеру «С», куди входять 2 мемкоїна DOGE та SHIB, якими часто спекулюють сильні гравці на ринку. При цьому цікаво те, наскільки змінюються показники ризику портфелів кластеру «А» без стейблкоїнів. Найвищу доходність показує портфель з кластеру «В» (0,35%), куди входить 100% монета LEO, яка в складовій «Е» входила до кластеру «А».

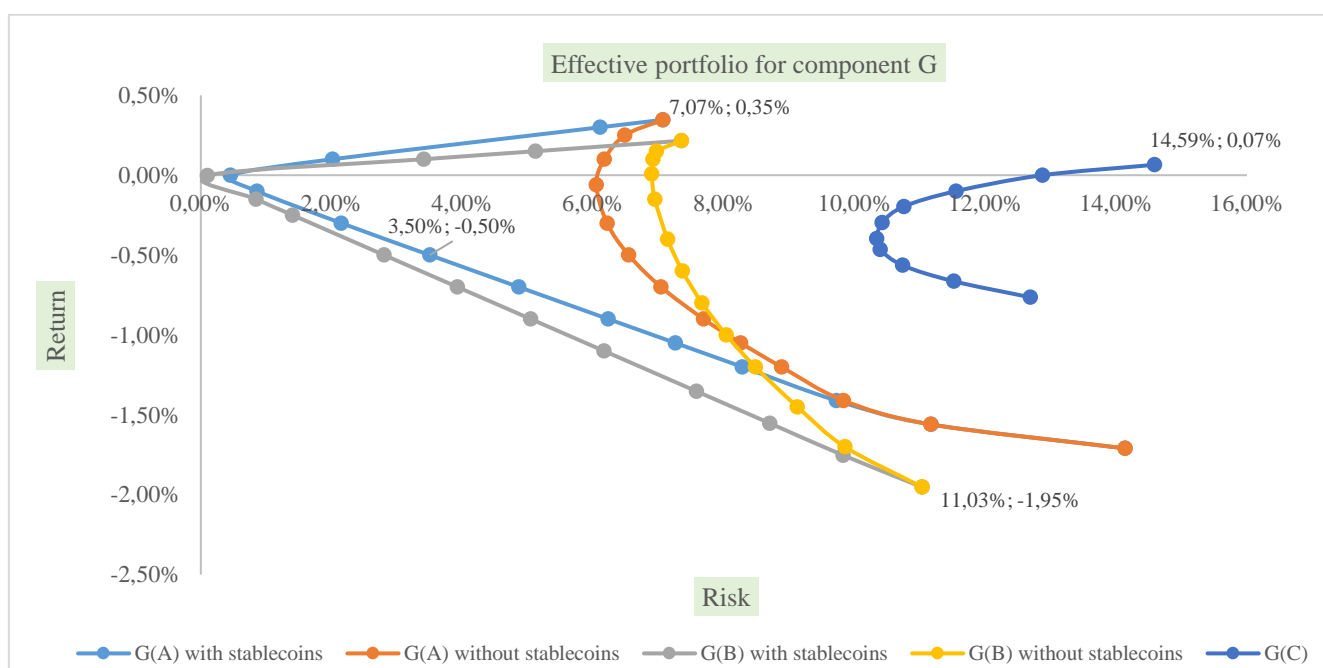


Рис.3.7. Ефективна множина портфелів для складової G за кластерами

Джерело: розрахунки автора

Знову ж таки бачимо з рис.3.7. те, що найбільший ризик, найбільшу волатильність та найменшу максимальну доходність з даного часового інтервалу ми маємо для кластеру «С». Для доходності вище за -1% кластер «А» має менші показники ризику, найбільше значення доходності також належить кластеру «А» (0,35%), але при цьому кластер А має також дуже високий показник найменшого ризику (14,14%) для портфеля куди входить 100% AVAX, тобто портфель до диверсифікації. Загалом тенденція для даної складової в тому, що монети та токени з кращим рейтингом безпеки мережі, децентралізації мережі та управління мають кращі показники ризику та доходності.

3.4. Розрахунок VAWI та K-ratio для оптимальних інвестиційних портфелів

На основі пункту 3.3 та результатів розрахунку множини ефективних портфелів для кожного кластеру кожної складової ми обираємо портфель з найменшим ризиком для обрахунку VAWI та K-ratio, щоб подивитись на зміну доданої вартості даного портфелю та послідовність цієї зміни. Нашим припущенням є також те, що ми беремо портфелі без врахування стейблкоїнів, адже їх використання призведе до очікуваних результатів в майже нульовий ризик та нульову доходність, що не є значущою базою для аналізу. Період для обрахунку VAWI та K-ratio – 01.09.2023-10.03.2024. Результати розрахунку зображені в Додатку В у табл.В.1.

Аналізуючи графік на рис.3.8. ми бачимо що кінцевий VAWI для більшості портфелів лежить в межах від 1400-2000. Цікаво те, що у підсумку аномально найбільший результат показав портфель S(C), де якраз таки 2 мемкоїни DOGE та SHIB, що дали просто екстремальний приріст за останні 3-4 періоди, що підкреслює їх ризиковість та високі значення скосу та ексцесу. Графік поділений на 3 зони. Ми бачимо, що до 7 спостереження всі лінії йдуть майже однаково, що говорить про те, що ринок був стабільним та не було серйозних рухів на ріст чи на спад. Далі з 7-8 значення (з середини-кінця жовтня) на ринку почалася нова

фаза росту , а також додатково почалися серйозні обговорення прийняття BTC ETF, що оживило ринок перед новим бичим циклом. 10.01.2024 був прийнятий спотовий BTC ETF, але після цього відбулася корекція, так як монети вже вирости на очікуваннях. Після корекції починаючи з 22-23 значення (кінець січня) почалась фаза активного росту (pre-bull market). Знову ж таки найбільші значення показали портфелі S(C), E(D) (через біткоїн до якого прийняли ETF) та E(B) (через ETH, що має дуже високу кореляцію з біткоїном). Але окрім абсолютного значення VAWI нам ще треба проаналізувати K-ratio.

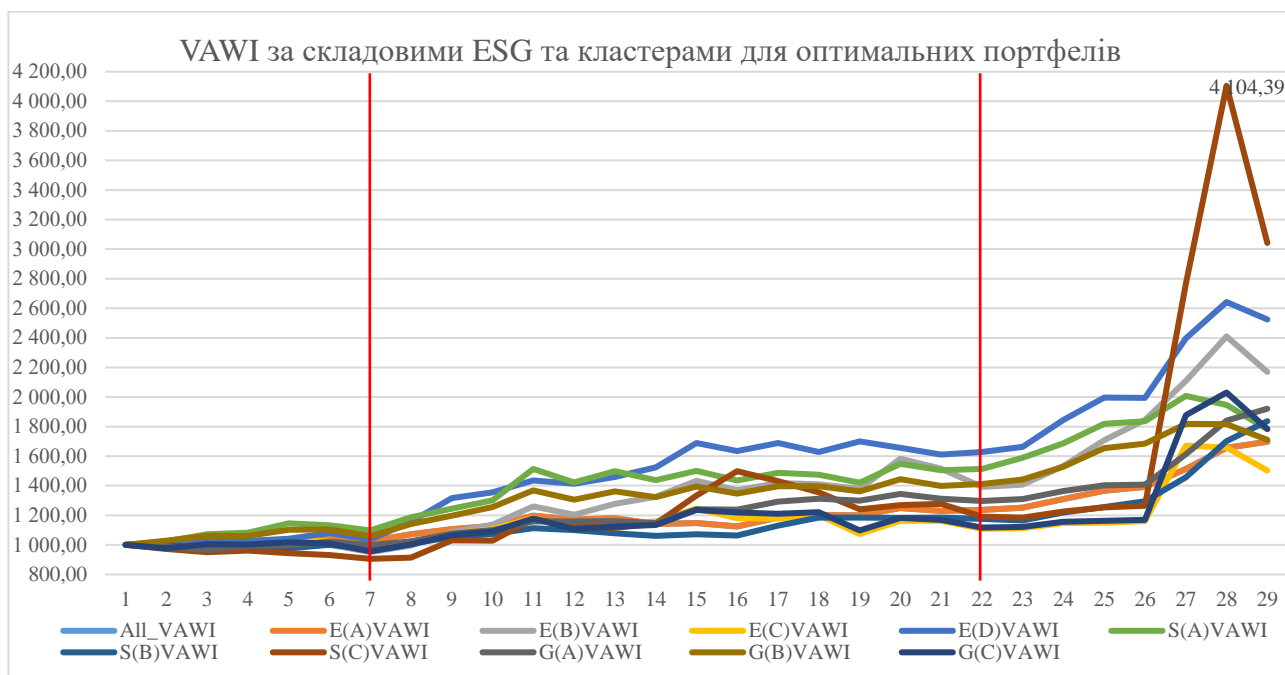


Рис.3.8. Розрахунок VAWI за кожною складовою ESG та кластером

Джерело: розрахунки автора

Таблиця 3.5

Результати розрахунку VAWI та K-ratio для оптимальних портфелів

	K-Ratio	Last VAWI value	Рівняння тренду
All crypto	2,5802	1 697,85	$y = 18,914x + 919,92$
E(A)VAWI	2,5817	1 697,43	$y = 18,907x + 920,07$
E(B)VAWI	2,7524	2 168,74	$y = 40,35x + 771,35$
E(C)VAWI	1,3562	1 502,94	$y = 14,842x + 934,38$
E(D)VAWI	3,4240	2 524,59	$y = 49,259x + 818,96$
S(A)VAWI	3,8839	1 781,55	$y = 30,983x + 973,73$

	K-Ratio	Last VAWI value	Рівняння тренду
S(B)VAWI	1,7838	1 836,45	$y = 19,354x + 865,41$
S(C)VAWI	1,0762	3 042,45	$y = 53,664x + 562,01$
G(A)VAWI	2,7794	1 920,87	$y = 25,573x + 857,39$
G(B)VAWI	4,1907	1 710,56	$y = 26,071x + 959,85$
G(C)VAWI	1,2543	1 783,30	$y = 21,305x + 867,63$

Джерело: розрахунки автора

З результатів табл.3.5 видно, що хоча кластер S(C) має найвищий VAWI, він має найнижчий показник K-Ratio. Це говорить про те, що даний портфель є ризиковим і він має високу ймовірність виникнення екстремальних значень, а приріст вартості портфелю не є стабільним та послідовним. Найвищі показники K-Ratio мають портфелі кластерів G(B), S(A) та E(D), що навпаки говорить про те, що дані портфелі дають стабільний приріст капіталу і дохід дуже сильно перебиває волатильність даного портфелю. Наприклад 2 з цих портфелів містять BTC, а також 2 з них містять монету TRX. Загалом також високі показники K-ratio для усіх кластерів А. Як зазначалося вище найбільші абсолютні показники VAWI, а отже і показники нахилу регресії, що показують середній дохід за період для S(C), E(D) та E(B). Жоден з цих портфелів наприклад не містить BTC, але 2 з них містять токен DOGE, що є мемкоїном.

Загалом для інвестора, що не готовий сильно ризикувати, але бажає заробити більше краще обрати портфелі E(B), E(D) та G(B), що мають відповідно ризик (волатильність) 6,95%, 6,09% та 4,25% відповідно. Низькі показники ризику мають також портфелі кластерів «А», що стане найкращим вибором для консервативних інвесторів. До цього можна додати, що портфель з усіх криптовалют без врахування ESG майже співпадає з портфелем E(A). Також помічаємо, що до 3-х найкращих портфелів входять портфелі складової Е, відповідно до чого можна провести позитивну кореляцію. Найгірші показники K-ratio для кластерів «С», портфелі яких підійдуть для інвесторів які готові ризикувати і очікують такий результат як наприклад дає портфель S(C).

ВИСНОВКИ

У якості висновків до даної роботи необхідно зазначити те, що усі поставлені завдання до мети даної роботи були виконані.

У першому розділі було наведено теоретичні аспекти криптовалют, їх видів, використання криптовалют як спосіб інвестицій, опис ETF-інструментів, а також було розкрито питання як пов'язаний ESG рейтинг з криптовалютами та що він включає.

У другому розділі ми зібрали дані для дослідження, проаналізували їх та зробили кінцеву вибірку, далі було зроблено кластеризацію за загальним ESG скорингом та за скорингом окремих складових ESG, також ми розділили наше дослідження на два часові інтервали відповідно для основних розрахунків та для валідації нашої моделі. У результаті такої кластеризації ми розрахували міри ринкового ризику для кожного кластеру, а також для другого інтервалу показники VAWI та K-Ratio, що показують зміну початкового капіталу, а також стабільність та поступовість приросту капіталу. Після відповідних обчислень ми дійшли до висновків, що існує позитивна кореляція між ESG скорингом та результатами відповідних розрахунків. Так, наприклад кластер «С» має найвищу волатильність, асиметрію та ексцес, при цьому протилежна ситуація для кластерів «А» та «В», які є більш стабільними та мають найвищі показники K-Ratio. Наприклад гарні результати показав також кластер «D» складової «Е», де знаходяться BTC та ETC. Після обчислень в 2-му розділі ми отримали найвищий показник K-Ratio для кластеру S(A) – 4,1812. Найменший для кластеру S(C) – 1,1643.

Третій розділ містить у собі теоретичний та методологічний опис задачі портфельної теорії Марковіца, дослідження кореляційного зв'язку між криптовалютами за кожним кластером, а також побудову оптимальних інвестиційних портфелів за кожним кластером кожної складової ESG та портфеля без врахування ESG. На основі цього також відповідно були порашовані показники VAWI та K-Ratio. Цікаво те, що за припущення було взято портфелі без врахування стейблкоїнів для того, аби проаналізувати результат

даного портфелю без викривлень щодо ризику та доходу, що дають стейблкоїни. Загалом для дослідження VAWI та K-Ratio було взято 11 портфелів, побудованих за портфельною теорією Марковіца.

Стосовно **новизни** даної роботи впевнено можна сказати, що вона за своїм змістом нова, адже при дослідженні літератури наукової, а саме різних статей не було знайдено відповідного матеріалу, де досліджувалися б у повному обсязі міри ризику та будувались оптимальні портфелі за теорією Марковіца для криптовалют з відповідною кластеризацією за ESG скорингом за кожною складовою. Також результатом даної роботи є висновок, що скоринг ESG та ризик криптовалют мають позитивну кореляцію, тобто наприклад кластери з оцінкою «С» мають зазвичай більший ризик, а також більшу асиметрію та експес, що говорить вищу ймовірність виникнення екстремальних явищ. Навпаки ж кластери «А» та «В» дають стабільний приріст капіталу та підійдуть для більш консервативних інвесторів, які не готові сильно ризикувати. Кластер «D» складової «Е» також має гарні результати, адже не зважаючи на те, що даний кластер відзначається дуже неекологічним добуванням монет, до нього входить біткоїн, який є стабільніший за інші монети, а також завжди задає рух всьому ринку. Варто також додати, що можливими покращеннями для даної роботи можуть бути подальші дослідження по мірі того, як буде розширюватись рейтинг за ESG скорингом і скільки нових монет там буде з'являтися і як будуть змінюватись оцінки з часом, тобто дана робота може бути фундаментом для подальших досліджень та удосконалень.

Практична цінність даної роботи полягає у тому, що інвестор зважаючи на свої уподобання щодо ризику вибирає для інвестицій відповідно кластер «А», «В» або «С». При цьому варто додати, що окрім саме відношення до ризику для інвестора може бути важливо усвідомлене ставлення до ESG, щоб бути у відповідності зі сталим розвитком. Відповідно тут інвестор сам обирає складову ESG яка для нього важливіша та інвестує у даний портфель. Наприклад, якщо для інвестора важливіша безпека проекту, блокчейну, його децентралізація та розподілення керування, то він обере портфель G(A). Якщо навпаки для нього

важливіші вплив на суспільство або доступність до криптовалют або його вплив на навколишнє середовище, тобто скільки енергії споживається та як це відображається, то інвестор обере відповідно портфелі складової «S» або «E».

Таким чином, ураховуючи усі побажання інвестора стосовно ризику, доходності та його відношення до ESG, особливо до кожної складової окремо, він обирає той портфель, який повністю відповідає його запитам. Ось в чому практичне дослідження даної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Thomas McGovern. Cryptocurrency statistics 2024: how many people use crypto?. EARTHWEB. URL: <https://earthweb.com/cryptocurrency-statistics/>.
2. Chainalysis: The 2023 Global Crypto Adoption Index. Chainalysis. URL: <https://www.chainalysis.com/blog/2023-global-crypto-adoption-index/>.
3. Ільчук В.П., підручник «Інвестування», 2014р., с. 267-275 (http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/8724/1%20%D0%9F_%D0%94%D1%83%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. Що таке інвестиційні цілі. Основні інвестиційні мети. Опитування: Куди краще вкласти гроші. URL: <https://1ppa.ru/uk/vozmozhnosti/chtotakoe-investicionnye-celi-osnovnye-investicionnye-celi-opros/>.
5. Що таке криптовалюта і як вона працює | WhiteBIT.Blog. WhiteBIT Blog. URL: <https://blog.whitebit.com/uk/what-is-a-cryptocurrency/#heading-0>.
6. Що таке криптовалюта, особливості блокчейну. Режим доступу: <https://financer.com/ua/wiki/cryptocurrency/>
7. Що таке стейблкоїни? - Навіщо вони потрібні і як працюють - INCRYPTED. INCRYPTED. URL: <https://incrypted.com/ua/sho-take-stablecoin/>.
8. Hicks C. Different Types of Cryptocurrencies. Forbes Advisor. URL: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/different-types-of-cryptocurrencies/>.
9. Платформа та соціальна мережа для трейдерів та інвесторів. Режим доступу: <https://ru.tradingview.com/>
10. Ціни на криптовалюту, графіки і рикова капіталізація криптовалюти | CoinGecko. CoinGecko. URL: <https://www.coingecko.com/uk>.
11. Ways to invest in crypto | Fidelity. Fidelity Investments - Retirement Plans, Investing, Brokerage, Wealth Management, Financial Planning and Advice, Online Trading. URL: <https://www.fidelity.com/learning-center/trading-investing/crypto/ways-to-invest-in-crypto>.

- 12.Chen J. Exchange-Traded Fund (ETF): What it is and How to Invest. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp>.
- 13.Reiff N. How Do Cryptocurrency Exchange-Traded Funds (ETFs) Work?. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/investing/understanding-cryptocurrency-etfs/>.
- 14.Manoylov M. What is a bitcoin ETF?. The Block. URL: <https://www.theblock.co/learn/259998/what-is-bitcoin-etf>.
- 15.Bitcoin ETF Tracker. Blockworks. URL: <https://blockworks.co/bitcoin-etf>.
- 16.Bitcoin ETFs Archives. The Block. URL: <https://www.theblock.co/data/crypto-markets/bitcoin-etf>.
- 17.What is Environmental, Social, and Governance (ESG)? | IBM. IBM - United States. URL: <https://www.ibm.com/topics/environmental-social-and-governance>.
- 18.GCR | ESG Rating Methodology. GreenCryptoResearch. URL: <https://www.greencryptoresearch.com/esg-ratings>.
- 19.ESG in Cryptocurrencies. Bolder. URL: <https://boldergroup.com/insights/esg-in-cryptocurrencies/>.
- 20.Investing.com - Stock Market Quotes & Financial News. Investing.com. URL: <https://www.investing.com/>.
- 21.Cryptocurrency Prices, Charts And Market Capitalizations | CoinMarketCap. CoinMarketCap. URL: <https://coinmarketcap.com/>.
- 22.Токены и монеты: важные различия, которые необходимо понимать | PaySpace Magazine. PaySpace Magazine. URL: <https://psm7.com/ru/articles/tokeny-i-monety-vazhnye-razlichiya-kotorye-neobxodimo-ponimat.html>.
- 23.Луців Б.Л., Кравчук І.С., Сас Б.Б. Інвестування: Підручник. - Тернопіль: Економічна думка, 2014. – 544 с. – Режим доступу: http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/26337/1/4-Lutsiv_Investyvanna.pdf

24. Tychiev B. Understanding Skewness And Kurtosis And How to Plot Them. Learn Data Science and AI Online | DataCamp. URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/understanding-skewness-and-kurtosis>.
25. Andrii Kaminskyi, Ruslan Motoryn, Konstantyn Pysanets. Investment risks and their measurement. P. 97-108. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d4a680fe-f606-4ac7-bafa-b055b812636a/content>
26. Kenton W. Understanding Value at Risk (VaR) and How It's Computed. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/v/var.asp>.
27. Andrii Kaminsky. Risk modelling of alternative investments. SYSTEM ANALYSIS AND MODELING OF CONTROL PROCESSES. 2020. P. 229-244. URL: https://www.researchgate.net/publication/344599350_Risk_modelling_of_alternative_investments
28. Chen J. Conditional Value at Risk (CVar): Definition, Uses, Formula. Investopedia. URL: https://www.investopedia.com/terms/c/conditional_value_at_risk.asp.
29. Zamoras J. M. J., Dalumpines S. S., Refugio J. G. Cryptocurrency Investment Risks and Perceived Usefulness: Basis of Cryptocurrency Risk Management Plan. Journal of Governance Risk Management Compliance and Sustainability. 2024. Vol. 4, no. 1. P. 72–88. URL: <https://doi.org/10.31098/jgrcs.v4i1.2295>
30. Ganti A. Value Added Monthly Index (VAMI): What It Is, How It Works. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/v/vami.asp>.
31. Hayes A. K-Ratio: Meaning, Formula and Calculation, Example. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/k/kratio.asp>.
32. Understanding K-Ratio : Excel Sheet Included. Trading Tutorials. URL: <https://tradingtutorials.com/understanding-k-ratio-excel-sheet-included/>.

33. Портфельна теорія Марковіца. Ефективна множина. Режим доступу: <https://www.guidedchoice.com/video/dr-harry-markowitz-father-of-modern-portfolio-theory/>
34. Modern Portfolio Theory and the Efficient Crypto Portfolio. Wealth Advisor | The Voice of the Financial Advisor Community. URL: <https://www.thewealthadvisor.com/article/modern-portfolio-theory-and-efficient-crypto-portfolio>.
35. Оптимізація фондового портфелю - Management.com.ua. Management.com.ua. Менеджмент для управлінців. URL: <https://www.management.com.ua/finance/fin013.html>.
36. ESG in Crypto (Responsible and Inclusive Economy). AMINA Bank. URL: <https://aminagroup.com/research/esg-in-crypto-building-a-responsible-and-inclusive-economy/#section-2>.
37. barkev assilian. The Determinants of 10 Cryptocurrencies and Their contribution to portfolio design. Academia.edu - Share research. URL: https://www.academia.edu/81746098/The_Determinants_of_10_Cryptocurrencies_and_Their_contribution_to_portfolio_design.

ДОДАТКИ

Додаток А

Процес Data mining

Таблиця А.1

Розподіл криптовалют за типами

Криптовалюта	Тип
BTC	Native coin (blockchain)
ETH	Native coin (blockchain)
USDT	Stable Coin
SOL	Native coin (blockchain)
BNB	Native coin (blockchain)
XRP	Native coin (blockchain)
USDC	Stable Coin
AVAX	Native coin (blockchain)
ADA	Native coin (blockchain)
DOGE	Meme Coin
SHIB	Meme Coin
DOT	Native coin (blockchain)
TON	Native coin (blockchain)
TRX	Native coin (blockchain)
LINK	DeFi
MATIC	Utility tokens
BCH	Hard fork coin (Bitcoin)
NEAR	Native coin (blockchain)
UNI	DeFi
LTC	Native coin (blockchain)
APT	Native coin (blockchain)
LEO	Utility tokens
ICP	Utility&governance tokens
DAI	Stable Coin
FIL	Utility tokens
RNDR	Utility tokens
ATOM	Native coin (blockchain)
ETC	Hard fork coin (Ethereum)
IMX	Utility&governance tokens
OKB	Utility tokens
STX	DeFi
GRT	DeFi
HBAR	Native coin (blockchain)
XLM	Native coin (blockchain)
INJ	Native coin (blockchain)
CRO	Utility tokens
OP	Utility&governance tokens
FTM (Fantom)	Native coin (blockchain)
MKR (Maker)	DeFi
VET (VeChain)	Native coin (blockchain)

Джерело: розрахунки автора

Розподіл криптовалют за оцінками ESG

Криптовалюта	ESG
BTC	D
ETH	B
USDT	B
SOL	A
BNB	B
XRP	B
USDC	A
AVAX	A
ADA	A
DOGE	C
SHIB	C
DOT	B
TRX	B
LINK	B
MATIC	A
BCH	C
NEAR	B
UNI	B
LTC	C
LEO	B
DAI	A
FIL	B
ATOM	B
ETC	D
IMX	B
GRT	B
HBAR	B
XLM	B
CRO	B
FTM	B
MKR	B
VET	B

Джерело: розрахунки автора

Розподіл криптовалют за оцінками ESG за кожною складовою

Криптовалюта	Е	С	G
BTC	D	B	B
ETH	B	B	A
USDT	A	A	B
SOL	A	A	A
BNB	A	B	B
XRP	A	B	B
USDC	A	A	A
AVAX	A	A	A
ADA	A	A	A

Криптовалюта	E	S	G
DOGE	C	C	C
SHIB	A	C	C
DOT	A	B	A
TRX	A	A	B
LINK	A	A	B
MATIC	A	A	A
BCH	C	B	C
NEAR	A	B	A
UNI	A	B	A
LTC	C	A	C
LEO	A	B	A
DAI	A	A	A
FIL	B	B	B
ATOM	A	B	A
ETC	D	B	C
IMX	A	B	B
GRT	A	B	A
HBAR	A	B	B
XLM	A	B	B
CRO	A	A	B
FTM	A	A	B
MKR	A	B	A
VET	A	A	B

Джерело: розрахунки автора

Додаток Б

Результати побудови оптимальних інвестиційних портфельів за портфельною теорією Марковца

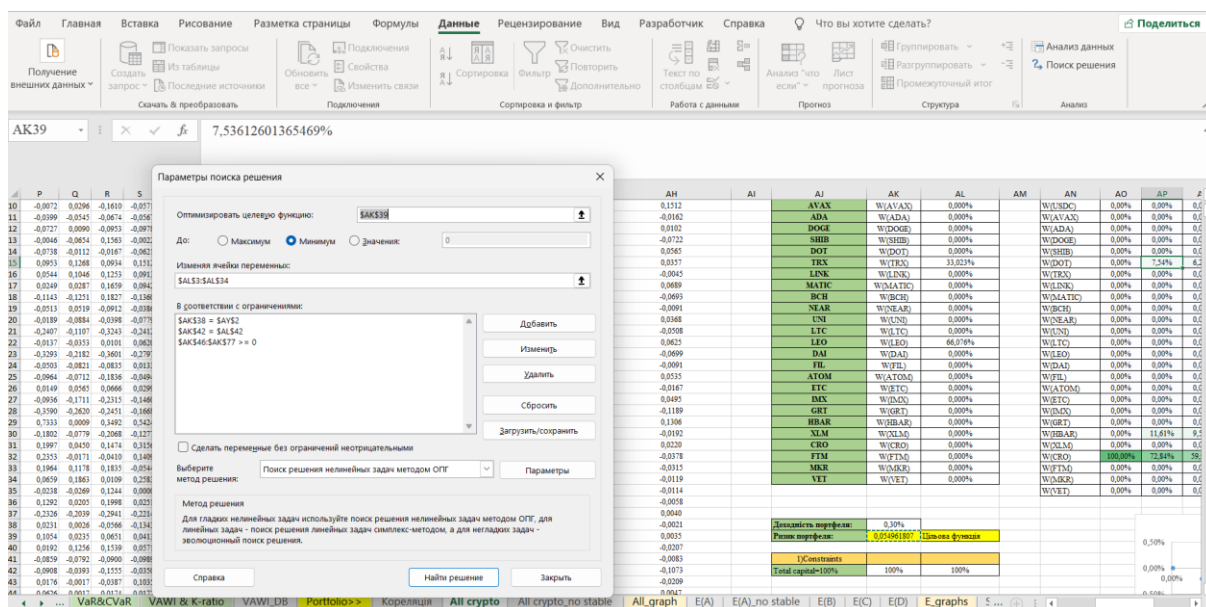


Рис Б.1. Приклад використання інструменту «Пошук рішення» для побудови оптимальних інвестиційних портфельів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику												
Доходність, %	-1,95%	-1,70%	-1,40%	-1,10%	-0,80%	-0,50%	-0,20%	0,00%	0,10%	0,20%	0,30%	0,35%
Ризик, %	11,03%	9,52%	7,84%	6,16%	4,48%	2,80%	1,12%	0,03%	1,83%	3,66%	5,50%	7,07%
W(BTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ETH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(USDT)	0,00%	8,01%	24,24%	40,48%	56,71%	72,95%	89,18%	85,83%	41,34%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(USDC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,17%	25,86%	34,35%	0,90%	0,00%
W(AVAX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOGE)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SHIB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOT)	0,00%	7,54%	6,24%	4,94%	3,64%	2,31%	1,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,64%	21,39%	33,02%	0,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BCH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,16%	44,25%	66,08%	100,00%
W(DAI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ETC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	11,61%	9,55%	7,49%	5,43%	3,36%	1,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	72,84%	59,97%	47,10%	34,23%	21,38%	8,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.2. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для усіх криптовалют з врахуванням стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику												
Доходність, %	-1,95%	-1,70%	-1,40%	-1,10%	-0,80%	-0,50%	-0,20%	0,00%	0,10%	0,20%	0,30%	0,35%
Ризик, %	11,03%	9,68%	8,55%	7,57%	6,76%	6,09%	5,59%	5,39%	5,33%	5,30%	5,50%	7,07%
W(BTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ETH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,30%	9,00%	10,20%	7,71%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,63%	0,00%	0,00%
W(AVAX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61%	3,02%	2,90%	2,24%	1,34%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOGE)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SHIB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOT)	0,00%	19,65%	17,68%	15,71%	9,96%	2,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,44%	19,13%	26,95%	31,73%	33,72%	37,94%	35,32%	0,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BCH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	2,93%	16,68%	30,43%	36,90%	41,09%	44,94%	47,34%	48,19%	49,22%	64,68%	100,00%
W(FIL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ETC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	17,42%	16,16%	14,89%	13,30%	11,41%	8,16%	5,50%	3,57%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,63%	0,00%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	59,99%	49,48%	38,97%	30,80%	22,92%	11,75%	3,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,56%	1,34%	2,50%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.3. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для усіх криптовалют без врахування стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику												
Доходність, %	-1,95%	-1,70%	-1,40%	-1,10%	-0,80%	-0,50%	-0,20%	0,00%	0,10%	0,20%	0,30%	0,35%
Ризик, %	11,03%	9,52%	7,84%	6,16%	4,48%	2,80%	1,12%	0,03%	1,83%	3,66%	5,50%	7,07%
W(USDT)	0,00%	8,03%	24,24%	40,48%	56,71%	72,94%	89,17%	85,83%	41,35%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(USDC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,17%	25,86%	34,35%	0,90%	0,00%
W(AVAX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SHIB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOT)	0,00%	7,49%	6,24%	4,94%	3,64%	2,34%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,63%	21,39%	33,02%	0,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,16%	44,25%	66,08%	100,00%
W(DAI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	11,61%	9,55%	7,49%	5,43%	3,37%	1,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	72,88%	59,97%	47,10%	34,23%	21,36%	8,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.4. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «А» складової Е з врахуванням стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику												
Доходність, %	-1,95%	-1,70%	-1,40%	-1,10%	-0,80%	-0,50%	-0,20%	0,00%	0,10%	0,20%	0,30%	0,35%
Ризик, %	11,03%	9,68%	8,55%	7,57%	6,76%	6,09%	5,59%	5,39%	5,33%	5,30%	5,50%	7,07%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,40%	9,11%	10,10%	7,67%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,65%	0,00%	0,00%
W(AVAX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,58%	3,02%	2,55%	2,46%	1,57%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SHIB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOT)	0,00%	19,65%	17,68%	15,71%	10,05%	2,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,45%	19,13%	27,03%	31,57%	33,99%	37,97%	35,40%	0,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	2,93%	16,68%	30,43%	36,89%	41,09%	44,90%	47,36%	48,37%	49,20%	64,60%	100,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	17,42%	16,16%	14,89%	13,29%	11,41%	8,25%	5,51%	3,53%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	59,99%	49,48%	38,97%	30,75%	22,92%	11,87%	3,44%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,56%	0,62%	2,51%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.5. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «А» складової Е без врахуванням стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику											
Доходність, %	-1,67%	-1,50%	-1,30%	-1,15%	-1,00%	-0,85%	-0,75%	-0,60%	-0,50%	-0,43%	-0,40%
Ризик, %	14,47%	13,60%	12,67%	12,06%	11,55%	11,13%	10,92%	10,71%	10,64%	10,62%	10,63%
W(ETH)	0,00%	13,23%	29,04%	40,89%	52,75%	64,60%	72,51%	84,36%	92,27%	97,66%	100,00%
W(FIL)	100,00%	86,77%	70,96%	59,11%	47,25%	35,40%	27,49%	15,64%	7,73%	2,34%	0,00%

Рис Б.6. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «В» складової Е

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику							
Доходність, %	-0,35%	-0,30%	-0,25%	-0,20%	-0,15%	-0,10%	-0,07%
Ризик, %	10,68%	10,45%	10,64%	11,15%	11,93%	13,11%	14,44%
W(DOGE)	0,00%	14,07%	19,62%	24,78%	29,95%	18,74%	0,00%
W(BCH)	0,00%	10,39%	26,90%	42,30%	57,70%	81,26%	100,00%
W(LTC)	100,00%	75,54%	53,48%	32,91%	12,35%	0,00%	0,00%

Рис Б.7. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «С» складової Е

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику								
Доходність, %	-0,29%	-0,25%	-0,20%	-0,15%	-0,10%	-0,05%	0,00%	0,07%
Ризик, %	8,58%	8,83%	9,36%	10,07%	10,95%	11,95%	13,05%	14,59%
W(BTC)	100,00%	88,55%	74,50%	60,46%	46,42%	32,38%	18,33%	0,00%
W(ETC)	0,00%	11,45%	25,50%	39,54%	53,58%	67,62%	81,67%	100,00%

Рис Б.8. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «D» складової E

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику											
Доходність, %	-1,95%	-1,75%	-1,50%	-1,25%	-1,00%	-0,80%	-0,50%	-0,25%	0,00%	0,10%	0,22%
Ризик, %	11,03%	9,90%	8,49%	7,06%	5,65%	4,52%	2,75%	1,42%	0,03%	3,41%	7,35%
W(USDT)	0,00%	10,24%	23,05%	36,00%	48,80%	59,04%	74,41%	87,21%	85,83%	53,51%	0,00%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(USDC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,17%	0,00%	0,00%
W(AVAX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	46,49%	100,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DAI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	89,76%	76,95%	64,00%	51,20%	40,96%	25,59%	12,79%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.9. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «A» складової S з врахуванням стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику											
Доходність, %	-1,95%	-1,75%	-1,50%	-1,25%	-1,00%	-0,80%	-0,50%	-0,25%	-0,04%	0,10%	0,22%
Ризик, %	11,03%	10,31%	9,53%	8,83%	8,23%	7,83%	7,41%	7,21%	7,16%	7,19%	7,35%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(AVAX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	15,96%	14,34%	12,70%	11,08%	9,78%	7,84%	3,46%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	3,65%	15,75%	27,98%	40,08%	49,75%	64,18%	73,51%	80,28%	84,73%	100,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	4,17%	6,35%	7,06%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,82%	5,45%	7,81%	0,00%
W(CRO)	100,00%	80,39%	69,91%	59,32%	48,85%	40,47%	27,83%	17,04%	7,92%	0,41%	0,00%
W(FIM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.10. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «A» складової S без врахування стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику												
Доходність, %	-1,67%	-1,47%	-1,26%	-1,06%	-0,86%	-0,66%	-0,46%	-0,25%	-0,01%	0,15%	0,25%	0,35%
Ризик, %	14,47%	9,80%	8,86%	8,06%	7,36%	6,76%	6,28%	5,95%	5,78%	5,95%	6,27%	7,07%
W(BTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,54%	12,51%	2,87%	0,00%
W(ETH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,15%	12,32%	20,49%	26,54%	23,92%	6,34%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,79%	11,18%	0,00%
W(DOT)	0,00%	64,97%	58,82%	50,83%	40,75%	28,62%	16,49%	3,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BCH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	0,00%	10,69%	21,89%	31,12%	38,45%	45,77%	51,07%	58,06%	67,66%	76,55%	100,00%
W(FIL)	100,00%	4,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ETC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,39%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	30,82%	30,49%	27,28%	23,98%	20,62%	17,25%	13,20%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,60%	8,89%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,55%	4,71%	5,01%	0,00%

Рис Б.11. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «В» складової S

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику												
Доходність, %	-0,76%	-0,66%	-0,64%	-0,56%	-0,50%	-0,45%	-0,40%	-0,35%	-0,30%	-0,25%	-0,21%	
Ризик, %	12,69%	12,47%	12,47%	12,56%	12,75%	12,99%	13,30%	13,67%	14,10%	14,58%	15,01%	
W(DOGE)	0,00%	18,16%	22,08%	36,31%	47,21%	56,28%	65,36%	74,44%	83,52%	92,60%	100,00%	
W(SHIB)	100,00%	81,84%	77,92%	63,69%	52,79%	43,72%	34,64%	25,56%	16,48%	7,40%	0,00%	

Рис Б.12. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «С» складової S

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику														
Доходність, %	-1,71%	-1,56%	-1,41%	-1,20%	-1,05%	-0,90%	-0,70%	-0,50%	-0,30%	-0,10%	0,00%	0,10%	0,30%	0,35%
Ризик, %	14,14%	11,17%	9,72%	8,28%	7,26%	6,23%	4,86%	3,50%	2,15%	0,86%	0,45%	2,01%	6,11%	7,07%
W(ETH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(USDC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	71,53%	13,46%	0,00%
W(AVAX)	100,00%	38,90%	0,25%	0,26%	0,27%	0,28%	0,30%	0,31%	0,32%	0,34%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%
W(DOT)	0,00%	61,10%	95,99%	81,64%	71,39%	61,13%	47,47%	33,80%	20,13%	6,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,49%	28,47%	86,54%	100,00%
W(DAI)	0,00%	0,00%	3,76%	18,10%	28,34%	38,58%	52,24%	65,90%	79,55%	93,21%	99,38%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.13. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «А» складової G з врахуванням стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику													
Доходність, %	-1,71%	-1,56%	-1,41%	-1,20%	-1,05%	-0,90%	-0,70%	-0,50%	-0,30%	-0,06%	0,10%	0,25%	0,35%
Ризик, %	14,14%	11,17%	9,83%	8,88%	8,26%	7,69%	7,04%	6,55%	6,21%	6,05%	6,17%	6,49%	7,07%
W(ETH)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,29%	3,96%	0,00%
W(SOL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(AVAX)	100,00%	38,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(ADA)	0,00%	0,00%	8,00%	10,54%	12,35%	14,16%	16,58%	19,03%	21,65%	22,52%	10,73%	0,00%	0,00%
W(DOT)	0,00%	61,10%	90,17%	76,42%	66,59%	56,76%	43,66%	30,22%	15,53%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MATIC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(NEAR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(UNI)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(LEO)	0,00%	0,00%	1,82%	13,04%	21,06%	29,07%	39,76%	49,70%	56,95%	66,16%	74,55%	83,48%	100,00%
W(ATOM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(GRT)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(MKR)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	5,87%	11,32%	13,42%	12,56%	0,00%

Рис Б.14. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «А» складової G без врахування стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику														
Доходність, %	-1,95%	-1,75%	-1,55%	-1,35%	-1,10%	-0,90%	-0,70%	-0,50%	-0,25%	-0,15%	0,00%	0,10%	0,15%	0,22%
Ризик, %	11,03%	9,82%	8,70%	7,58%	6,17%	5,04%	3,92%	2,80%	1,40%	0,85%	0,10%	3,41%	5,12%	7,35%
W(BTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(USDT)	0,00%	6,33%	17,02%	27,71%	41,22%	51,91%	62,60%	73,29%	86,66%	92,00%	99,85%	53,51%	30,35%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(TRX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	46,49%	69,65%	100,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	14,89%	13,19%	11,49%	9,34%	7,64%	5,94%	4,24%	2,12%	1,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	78,78%	69,79%	60,80%	49,43%	40,44%	31,45%	22,46%	11,22%	6,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FTM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.15. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «В» складової G з врахуванням стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику													
Доходність, %	-1,95%	-1,70%	-1,45%	-1,20%	-1,00%	-0,80%	-0,60%	-0,40%	-0,15%	0,01%	0,10%	0,15%	0,22%
Ризик, %	11,03%	9,85%	9,12%	8,48%	8,04%	7,67%	7,37%	7,14%	6,94%	6,90%	6,92%	6,97%	7,35%
W(BTC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,60%	12,98%	14,47%	5,63%	0,00%
W(BNB)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,43%	7,01%	10,20%	10,65%	4,71%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XRP)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,57%	6,28%	11,07%	15,13%	16,90%	0,00%
W(TRX)	0,00%	4,33%	16,55%	28,77%	38,55%	45,29%	49,84%	54,21%	55,78%	63,00%	69,09%	77,47%	100,00%
W(LINK)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FIL)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(IMX)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(HBAR)	0,00%	30,97%	28,05%	25,13%	22,79%	19,99%	16,54%	13,34%	9,46%	2,26%	0,00%	0,00%	0,00%
W(XLM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,49%	6,30%	9,56%	9,23%	5,99%	1,31%	0,00%	0,00%
W(CRO)	100,00%	64,70%	55,40%	46,10%	38,66%	29,79%	20,31%	11,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(FTM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(VET)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Рис Б.16. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «В» складової G без врахування стейблкоїнів

Джерело: розрахунки автора

Множина оптимальних інвестиційних портфелів за різних рівнів ризику										
Доходність, %	-0,76%	-0,66%	-0,56%	-0,46%	-0,40%	-0,30%	-0,20%	-0,10%	0,00%	0,07%
Ризик, %	12,69%	11,52%	10,73%	10,39%	10,34%	10,42%	10,75%	11,55%	12,87%	14,59%
W(DOGE)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,89%	12,24%	15,60%	17,34%	10,60%	0,00%
W(SHIB)	100,00%	75,74%	51,49%	31,14%	19,27%	4,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
W(BCH)	0,00%	0,00%	0,00%	5,80%	9,76%	11,71%	16,97%	23,90%	25,69%	0,00%
W(LTC)	0,00%	24,26%	48,51%	63,06%	65,07%	64,61%	46,57%	20,06%	0,00%	0,00%
W(ETC)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,45%	20,85%	38,71%	63,71%	100,00%

Рис Б.17. Множина оптимальних інвестиційних портфелів для кластеру «С» складової G

Джерело: розрахунки автора

Додаток В

Результати розрахунку VAWI та K-Ratio для оптимальних інвестиційних портфелів за кожним кластером

Таблиця В.1

Результати розрахунку VAWI та K-Ratio для оптимальних інвестиційних портфелів за кожним кластером

Дата	Номер спостереження	All_VAWI	E(A)VAWI	E(B)VAWI	E(C)VAWI	E(D)VAWI	S(A)VAWI	S(B)VAWI	S(C)VAWI	G(A)VAWI	G(B)VAWI	G(C)VAWI
	1	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
03.09.2023	2	1 002,86	1 002,88	999,56	980,80	1 001,20	1 025,30	1 004,49	972,87	986,10	1 027,91	976,85
10.09.2023	3	1 002,26	1 002,32	999,45	1 016,91	1 026,73	1 072,66	972,91	950,59	964,94	1 061,68	1 005,43
17.09.2023	4	1 026,67	1 026,73	974,63	1 008,51	1 027,35	1 082,56	993,10	960,51	994,88	1 060,81	1 001,78
24.09.2023	5	1 035,13	1 035,23	1 021,43	1 033,22	1 042,14	1 145,07	977,33	944,46	995,42	1 103,08	1 018,74
01.10.2023	6	1 054,57	1 054,66	999,83	1 024,05	1 080,70	1 132,84	1 001,49	932,28	1 021,83	1 103,92	1 008,81
08.10.2023	7	1 025,80	1 025,88	951,30	967,79	1 037,90	1 098,05	974,76	905,93	997,79	1 059,65	956,49
15.10.2023	8	1 072,77	1 072,88	996,43	1 021,85	1 156,22	1 186,35	1 009,59	914,49	1 024,96	1 141,88	1 003,27
22.10.2023	9	1 107,30	1 107,40	1 087,10	1 076,03	1 317,40	1 245,93	1 052,80	1 031,13	1 076,12	1 196,50	1 065,81
29.10.2023	10	1 129,10	1 129,20	1 136,50	1 106,82	1 355,34	1 302,25	1 074,56	1 029,37	1 099,10	1 255,32	1 091,33
05.11.2023	11	1 198,36	1 198,49	1 259,60	1 183,27	1 435,99	1 514,45	1 113,90	1 176,70	1 159,60	1 367,63	1 177,26
12.11.2023	12	1 170,84	1 170,95	1 204,47	1 118,09	1 413,44	1 423,63	1 099,51	1 127,88	1 159,08	1 306,37	1 105,95

Продовження табл.В.1

Дата	Номер спостереження	All_VAWI	E(A)VAWI	E(B)VAWI	E(C)VAWI	E(D)VAWI	S(A)VAWI	S(B)VAWI	S(C)VAWI	G(A)VAWI	G(B)VAWI	G(C)VAWI
19.11.2023	13	1 180,91	1 181,09	1 277,65	1 139,79	1 460,51	1 498,43	1 078,18	1 115,08	1 160,33	1 362,11	1 123,70
26.11.2023	14	1 140,80	1 140,97	1 325,85	1 159,01	1 525,06	1 438,32	1 060,09	1 144,08	1 148,58	1 322,49	1 135,10
03.12.2023	15	1 146,77	1 146,94	1 434,07	1 244,94	1 689,77	1 500,65	1 071,30	1 333,73	1 241,11	1 394,17	1 236,20
10.12.2023	16	1 125,00	1 125,12	1 371,11	1 180,46	1 633,84	1 435,27	1 062,52	1 498,27	1 238,70	1 346,27	1 219,73
17.12.2023	17	1 183,58	1 183,65	1 418,56	1 179,04	1 689,39	1 487,94	1 130,33	1 430,55	1 293,44	1 396,51	1 210,34
24.12.2023	18	1 201,14	1 201,13	1 410,61	1 201,56	1 628,57	1 473,70	1 183,85	1 355,34	1 312,06	1 397,72	1 221,38
31.12.2023	19	1 199,73	1 199,73	1 379,32	1 074,34	1 699,41	1 419,88	1 183,79	1 240,11	1 299,10	1 362,65	1 097,96
07.01.2024	20	1 249,68	1 249,76	1 583,21	1 161,96	1 656,25	1 548,45	1 182,52	1 268,38	1 344,80	1 444,91	1 181,44
14.01.2024	21	1 229,35	1 229,36	1 516,29	1 162,82	1 611,53	1 504,14	1 183,66	1 276,64	1 312,00	1 398,97	1 170,10
21.01.2024	22	1 235,58	1 235,62	1 392,83	1 108,49	1 627,97	1 514,18	1 175,82	1 190,69	1 297,83	1 410,88	1 117,03
28.01.2024	23	1 250,97	1 251,03	1 408,34	1 113,73	1 662,16	1 588,98	1 164,82	1 185,06	1 310,95	1 441,81	1 122,46
04.02.2024	24	1 309,40	1 309,45	1 532,22	1 146,84	1 845,82	1 686,06	1 219,66	1 225,41	1 364,07	1 529,53	1 156,42
11.02.2024	25	1 367,11	1 367,16	1 708,81	1 150,33	1 996,07	1 819,08	1 255,79	1 253,85	1 403,80	1 654,24	1 163,27
18.02.2024	26	1 391,51	1 391,50	1 844,64	1 160,57	1 993,28	1 835,85	1 293,92	1 264,48	1 406,77	1 684,52	1 170,43
25.02.2024	27	1 512,89	1 512,87	2 108,87	1 671,05	2 396,12	2 007,62	1 457,16	2 767,53	1 614,15	1 818,25	1 877,70
03.03.2024	28	1 657,42	1 657,20	2 409,99	1 658,12	2 642,44	1 946,75	1 701,53	4 104,39	1 840,22	1 815,90	2 030,57
10.03.2024	29	1 697,85	1 697,43	2 168,74	1 502,94	2 524,59	1 781,55	1 836,45	3 042,45	1 920,87	1 710,56	1 783,30
K-Ratio		2,5802	2,5817	2,7524	1,3562	3,4240	3,8839	1,7838	1,0762	2,7794	4,1907	1,2543

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента 4 курсу спеціальності 051 «Економіка», ОПІ «Економічна кібернетика»

Стародубця Ярослава Віталійовича

1. Тема роботи: Моделювання ризиків інвестування в криптовалюту з врахуванням ESG критеріїв
2. Термін завершення роботи: 2 червня 2024 року
3. Попередній захист роботи: 3 червня 2024 року
4. Об'єкт дослідження: оптимальні інвестиційні портфелі з криптовалют з врахуванням ESG критеріїв та без врахування відповідних критеріїв.
5. Предмет дослідження: дослідження ризиків інвестування в криптовалюту з врахування кластеризації за ESG критеріями.
6. Мета дослідження: моделюванні ризиків інвестування в криптовалюту, їх оцінку, а також врахування ESG критеріїв при формуванні інвестиційних портфелів.
7. Завдання дослідження:
 - 7.1. Сформулювати поняття інвестиційного портфелю;
 - 7.2. Дослідити та описати визначення сутність та види криптовалют;
 - 7.3. Дослідити та описати криптовалюту як інвестиційний інструмент, у т.ч. ETF;
 - 7.4. Ознайомитись з використанням ESG для криптовалют та ESG скорингом;
 - 7.5. Зробити процес Data mining для подальших досліджень;
 - 7.6. Зробити кластеризацію криптовалют за ESG скорингом;
 - 7.7. Зробити розрахунок та аналіз мір ризику за кластерами;
 - 7.8. Розрахувати інвестиційні показники VAWI та K-Ratio за кластерами;
 - 7.9. Дослідити методологічні основи портфельної теорії Гаррі Марковіца.

7.10. Побудувати у середовищі MS Excel оптимальні інвестиційні портфелі за всіма криптовалютами та кожним кластером ESG скорингу окремо.

7.11. Проаналізувати отримані результати побудови оптимальних інвестиційних портфелів та обрахувати показники VAWI та K-Ratio

Науковий керівник: доктор економічних наук, професор Камінський Андрій Борисович

Студент: Стародубець Ярослав Віталійович

Затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики
протокол № 4 від 22.11.2023 р.

Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№	Етапи роботи	Терміни виконання	Відмітка керівника про виконання
1	Розробка та затвердження завдання кваліфікаційної роботи бакалавра	До 22 листопада 2023 року	
2	Ознайомлення з темою та формування цілей дослідження	До 20 січня 2024 року	
3	Ознайомлення з науковими роботами схожими за темою дослідження	До 18 лютого 2024 року	
4	Написання теоретичного блоку дипломної роботи	До 10 березня 2024 року	
5	Процес Data mining для формування остаточної БД	До 17 березня 2024 року	
6	Розрахунок основних мір ринкового ризику та їх аналіз за кластерами	До 14 квітня 2024 року	
7	Розрахунок та аналіз показників VAWI та K-Ratio	До 21 квітня 2024 року	
8	Оформлення методології використання портфельної теорії Марковіца та дослідження кореляції за кожним кластером криптовалют	До 25 квітня 2024 року	
9	Побудова оптимальних інвестиційних портфелів за кластерами криптовалют на основі ESG скорингу	До 15 травня 2024 року	
10	Розрахунок показників VAWI та K-Ratio для отриманих оптимальних інвестиційних портфелів, аналіз результатів.	До 22 травня 2024 року	
11	Написання основних висновків за розділами та висновків до результатів дипломної роботи	До 24 травня 2024 року	

12	Редагування, остаточне оформлення роботи, виправлення помилок	До 31 травня 2024 року	
13	Подання роботи на попередній захист	До 3 червня 2024 року	

Науковий керівник: Камінський Андрій Борисович

Студент: Стародубець Ярослав Віталійович