

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Києво-Могилянська академія»

Факультет економічних наук

Кафедра фінансів

Магістерська робота

ОСВІТНІЙ СТУПІНЬ - МАГІСТР

на тему: **«Моделі формування інвестиційного портфелю технологічних компаній»**

Виконав: студент 2-го року навчання,
Спеціальності
072 «Фінанси, банківська справа та
страхування»

Харченко Дмитро Віталійович

Керівник: Мертенс О.В.
кандидат економічних наук, професор

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Магістерська робота захищена
з оцінкою « _____ »

Секретар ЕК _____
« ____ » _____ 2021 р.

Київ 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1: ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПОРТФЕЛІВ.....	6
1.1 Поняття інвестиційного портфелю та його формування	6
1.2 Формування інвестиційного портфелю та його диверсифікація.....	14
1.3 Моделі оптимізації інвестиційних портфелів	20
Висновки до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПАНІЇ, ЯК ОБ’ЄКТ ІНВЕСТУВАННЯ	30
2.1 Технологічні компанії та особливості їх життєвого циклу.....	30
2.2 Сучасний ринок інформаційних технологій та головні тенденції розвитку.....	33
2.3 Підбір компаній для інвестування.....	37
Висновки до розділу 2.....	40
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПОРТФЕЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПАНІЙ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ	42
3.1 Формування інвестиційного портфелю, факторний аналіз	42
3.2 Розрахунок ваг інвестиційних портфелів	50
3.3 Аналіз результатів та рекомендації	58
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	65
Додаток А	68

ВСТУП

Фінансовий ринок є важливим елементом у сучасній економіці. Саме він забезпечує підприємствам належні умови для залучення необхідних коштів та дохідне інвестування тимчасово вільних коштів для створення додаткового прибутку. Для цього, з боку надавачів фінансових ресурсів виступають: інвестиційні, пенсійні фонди, кооперативи, приватні підприємства та навіть фізичні особи.

Серед усього різноманіття компаній окремий спекулятивний інтерес мають технологічні компанії. Цифровізація суспільства протягом другої половини XX та протягом усього XXI століття призвела до надзвичайно високого росту попиту на продукцію та сервіси технологічних компаній. Відповідні тенденції відобразились і на фінансових ринках. Якщо в середині XX століття найбільшими компаніями в США були компанії з галузей енергетики, металургії, чи автомобілебудування, то в 2021 році лідерами за капіталізацією стали саме технологічні компанії, такі, як Apple Inc, Microsoft, Amazon, Alphabet. І саме швидкий ріст цих компаній заохочують інституційних інвесторів до аналізу таких компаній, як об'єктів інвестування.

Актуальність теми полягає у детальному аналізі сучасного стану фінансових ринків, загалом, поведінки акцій технологічних компаній, що нещодавно вийшли на торги фондових бірж та застосуванні наявних математичних методів для формування найбільш ефективних інвестиційних портфелів.

Мета дослідження полягає у вивченні методів моделювання інвестиційних портфелів, їх порівнянні та формуванні інвестиційних портфелів та пошуку інвестиційного портфелю з найкращим значенням коефіцієнта Шарпа.

Досягнення мети обумовило необхідність визначення таких завдань:

- дослідити поняття інвестиційного портфелю та його складових
- вирізнити основні підходи до формування інвестиційного портфелю
- оглянути математичний інструментарій для формування інвестиційних портфелів
- дослідити ринок технологічних компаній та його особливості функціонування
- сформувати набір компаній для подальшого моделювання

- розглянути основні характеристики акцій обраних компаній та проаналізувати можливості росту

- сформувати інвестиційні портфелі на основі проаналізованих математичних методів

- проаналізувати результати та охарактеризувати потенційних користувачів отриманих знань

Об’єктом дослідження є акції технологічних компаній, як цінні папери на фінансовому ринку.

Предметом дослідження є підходи до формування інвестиційних портфелів математичними методами.

Методи дослідження, що використовувались в роботі: описово-аналітичний (для аналізу досліджуваних явищ та процесів), метод логічного узагальнення для забезпечення послідовності викладення матеріалу, метод логічного узагальнення, методи діалектики: індукція й дедукція, метод аналізу і синтезу, а також метод гіпотез та припущень.

Для реалізації математичного моделювання інвестиційних портфелів було використано програмне забезпечення, яке напряду впливає на точність розрахунків. В ході виконання даної роботи було використано такі програми, як Microsoft Excel, в якому було проведено зведення таблиць, зібрана описова статистика явищ та процесів, реалізовані діаграми та таблиці, програмне середовища Pandas на основі мови програмування Python, в якому було проведено моделювання середньо-дисперсійного та середньо-напівдисперсійного портфелів, та програмне середовище PyChartm для проведення моделювання методом Блека-Літтермана.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в проведенні ґрунтовного аналізу наявного математичного інструментарію для формування інвестиційних портфелів. Для цього, були проаналізовані моделі огляду стану фінансового ринку, з однієї сторони, актуального математичного інструментарію по формуванню інвестиційних портфелів, з іншого, та формування актуальних інвестиційних портфелів з акцій активних технологічних компаній

Інформаційну базу дослідження склали дослідження іноземних авторів щодо моделювання інвестиційних портфелів, звіти провідних інформаційних компаній, бази даних біржових інформаційних ресурсів, такі, як finance.yahoo.com, investing.com, crunchbase.com

Структура роботи відповідає поставленим завданням. В першому розділі розкрито поняття інвестиційного портфелю, особливості його функціонування та математичні методи оптимізації інвестиційного портфелю. В другому розділі було досліджено технологічні компанії, як об'єкт інвестування: створено їх означення, особливості, ринок та його поведінку та підібрано компанії для аналізу. В третьому розділі було об'єднано наявні напрацювання та створено 5 інвестиційних портфелів з різними параметрами ризику та дохідності, проаналізовано їхні складові та сформовано рекомендації щодо їх застосування та презентації окремим типам інвесторів.

РОЗДІЛ 1: ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПОРТФЕЛІВ

1.1 Поняття інвестиційного портфелю та його формування.

Почнімо з визначення інвестиційного портфелю.

Інвестиційний портфель — це сукупність інвестиційних активів, згрупованих за певним алгоритмом з метою досягнення цільових значень відповідних параметрів. Залежно від цілей інвестора вирізняють портфельне та проектне інвестування. [1]

Портфельне інвестування – це метод інвестування, що передбачає обов’язковий і запланований розподіл загальної суми інвестованих коштів між декількома об’єктами інвестування (інвестиційними активами);

Проектне інвестування передбачає вкладення всіх наявних у розпорядженні інвестора власних та (або) позикових фінансових й інших ресурсів у єдиний інвестиційний актив (проект).

Запропонований підхід І. Коха до визначення терміну “портфельні інвестиції” із традиційним підходом поєднує нейтрально-поведінковий мотив дій інвестора, тобто бажання отримувати прибуток незалежно від його джерела, незалежно від конкретного продуктивного вкладення інвестованого капіталу. Відповідно, різниця між портфельним і проектним інвестуванням полягає в первинному бажанні інвестора – забезпечити прибуткове вкладення наявних у його розпорядженні ресурсів при мінімальному ризику або бажання реалізувати деяку інвестиційну ідею (табл. 9.2).[2]

Таблиця 1.1 Порівняльна характеристика портфельного та проектного інвестування (за І. Кохом)

Критерій	Проектне інвестування	Портфельне інвестування
Вихідний мотив інвестування	Реалізація наявної в інвестора “інвестиційної ідеї”.	Розміщення наявних в розпорядженні інвестора вільних інвестиційних ресурсів.
Пріоритетний критерій вибору напрямів інвестування	Максимізація дохідності інвестування при прийнятному рівні ризику і ліквідності активів.	Забезпечення безпеки і ліквідності вкладень при прийнятному рівні дохідності.
Склад об’єктів інвестування	Один об’єкт (проект) або декілька взаємопов’язаних об’єктів (проектів).	Декілька об’єктів з мінімальним ступенем взаємозалежності.
Управління	Рішення про вибір об’єкта інвестування не переглядається до завершення планового періоду, за винятком форс-мажорних обставин.	Склад і структура портфеля переглядаються необмежено часто, в міру необхідності.

Джерело: [2]

Поширеність відповідного підходу до інвестування залежить, в першу чергу, від таких факторів, як наявність фінансових ринків, доступ до них для всіх суб’єктів господарювання та фінансова грамотність населення. Закономірно, проектне інвестування у відсотковому відношенні переважає у країнах, що розвиваються, тоді як портфельне поширене у розвинених країнах. Це пояснюється низьким рівнем довіри до регуляторних органів та держави, загалом, та змушує аналізувати кожен об’єкт інвестування окремо.

Але, разом з цим, навіть на ринках, що розвивається, проектне інвестування створює суттєві обмеження строковості, об’ємів інвестування та регуляції, які набагато пом’якшені у портфельному інвестуванні.

Для портфельного інвестування, в свою чергу, основним мотивом є отримання певного визначеного доходу з портфелю. Залежно від виду доходу, в якому зацікавлений інвестор, виділяють такі види інвестиційних портфелів [3]:

- портфель зростання, що складається з цінних паперів, об’єднаних з метою отримання прибутку від перепродажу у майбутньому. Зазвичай це акції, які

характеризуються високою волатильністю і передбачають вищу дохідність, ніж інші схожі компанії. Дивіденди, зазвичай, не виплачуються такими компаніями, але різниця від продажу їх акцій дозволяє покрити ці витрати;

- портфель доходу, який забезпечує інвестору отримання прибутку від володіння інвестиційними активами певний проміжок часу (дивіденди за акціями, проценти за облігаціями);
- змішаний портфель, що об'єднує в собі обидва види інвестиційних активів

Важливими показниками інвестиційного портфелю є дохідність і ризик [1].

Дохід є основною ціллю будь-якого інвестора і саме зв'язок доходності та ризику є ключовим об'єктом дослідження у фінансах. Як фінансова та інвестиційна сфери побудовані на загальному наборі фінансових принципів, основними характеристиками будь-яких інвестицій є ризик та дохідність. Але, розглядаючи різноманітні об'єкти інвестування, цей зв'язок виражається по-різному.

Дохід в інвестуванні – це грошові кошти, одержані суб'єктом господарювання за рахунок різниці від купівлі та продажу цінних паперів. Для визначення доходу від інвестування переважно використовують такі показники, як норма доходності та внутрішня норма прибутку.

Норма доходності (Rate of return) показує, скільки відсотків від суми інвестицій було отримано інвестором і розраховується за такою формою:

$$\text{Rate of return} = \frac{D + (C_1 - C_0)}{C_0} \times 100\%, (1.1)$$

де I – дохід від інвестування

C_1 – вартість вкладень на момент продажу [4]

C_0 – вартість вкладень на момент купівлі

В свою чергу, IRR (внутрішня норма доходності) описує рентабельність капіталовкладень і також не є залежною від зовнішніх чинників (інфляції, відсоткової ставки, валютного курсу та іншого). Розраховується за формулою (1.2):

$$IRR = \sqrt[n]{\frac{S_n}{I_0}} - 1, \quad (1.2)$$

де S_n – дохід за період n ,

I_0 – величина початкових витрат[7].

Кожен з цих показників використовується у інвестуванні, але простий показник дохідності використовується при аналізі інвестицій у цінні папери, тоді, як внутрішня норма дохідності – при проектному інвестуванні. Відповідно, аналізуючи портфельні інвестиції, в даній роботі буде використовуватись саме показник прибутковості.

Аналізуючи поточні показники, важливо також прогнозувати майбутні доходи від інвестицій. Для цього використовують показник очікуваного дохідності портфелю, який вираховується за формулою (1.3):

$$E(r) = \sum_{i=1}^n h_i \times r_i, \quad (1.3)$$

де h_i – ймовірність прибутковості відповідного інвестиційного активу

r_i – показник прибутковості

Якщо інвестор володіє достатнім обсягом інформації для прогнозування майбутніх сценаріїв прибутковості інвестицій, рішення про вкладання в конкретний набір активів має бути зроблене на основі очікуваного доходу від портфелю. Причому, якщо для короткострокового прогнозування дохідності достатньо використовувати простий показник норми дохідності, то для горизонту планування більше року варто робити корегування на річну інфляцію.

Також, окрім доходу, невід’ємним показником будь-яких інвестицій є ризик. І, якщо поняття доходу є простішим за визначенням, то визначення ризику варіюється. Вирізняємо чотири основних визначення, які по-різному підходять до цього поняття.

Українські дослідники визначають ризик, як ймовірність настання несприятливої події, тобто у випадку інвестицій – зниження дохідності, або збиток від акцій.

В той же час Інститут Проектного Менеджменту (Project Management Institute) більш узагальнює поняття і називає ризиком будь-яку невизначену подію чи стан, які мають позитивний чи негативний ефект на цілі проекту.

З іншого боку, Інститут Ризик Менеджменту вирізняє ризик, як комбінацію ймовірностей настання події та її наслідків, що є близьким до визначення очікуваного доходу.

І останнім є альтернативне визначення Пола Гопкіна, який називає ризиком подію, яка має здатність вплинути (пригальмувати, прискорити, або призупинити виконання) на місію, стратегію проекту, окремі проекти, ключові операційні чи фундаментальні процеси, залежності та очікування вкладників.

З усіх визначень найбільш точно пояснюють визначення ризику інвестиційної діяльності терміни Інституту Ризик менеджменту та Пола Гопкіна, серед яких перше близьке до математичного вираження ризику, а друге пояснює причини зміни відповідного математичного вираження

Основними показниками обчислення ризиків є дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Дисперсія – це математичне сподівання квадрата різниці випадкової величини і її математичного сподівання та розраховується за формулою:

$$\sigma^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(R_t - \bar{R})^2}{n-1} \quad (1.4)$$

де R_t – ймовірність прибутковості відповідного інвестиційного активу

\bar{R} -- середня ймовірність прибутковості інвестиційного активу

n – кількість спостережень.

Похідним значенням від того є стандартне квадратичне відхилення.

Стандартне квадратичне відхилення – це величина, що характеризує стандартне відхилення вибіркового середнього, розраховане по вибірці із генеральної сукупності, яке розраховується за формулою:

$$\sigma_{\tilde{O}} = \sigma(\tilde{O}) = \sqrt{D(X)}, \quad (1.5)$$

Обидва показники в виду їх схожості активно використовують в інвестиційному аналізі, але стандартне квадратичне відхилення використовується частіше. Також, обидва ці показники використовуються для визначення загального ризику інвестицій та потенційних втрат в конкретний часовий проміжок шляхом зважування значення конкретного ризику на ймовірність його настання.

З боку джерел ризику існує такі види ризику: чистий ризик, спекулятивний ризик, фундаментальний ризик та специфічний ризик. Визначення ризиків викладені у таблиці

Таблиця 1.2 Види ризиків

Ризик	Визначення
Чистий ризик	Ризик, який має ймовірність втрат, або їх відсутності. Приклад: ризик підпалу будівлі. Такі ризики, зазвичай, покриваються за допомогою страхових фондів
Спекулятивний ризик	Включає ймовірність отримання прибутку чи втрат. Приклад: купівля цінних паперів з метою їх продажу в майбутньому
Фундаментальний ризик	Зовнішні ризики для проекту, які, у випадку їх появи, призводять до масштабних і невідворотних втрат. Це пов'язують з масштабними природними, економічними чи політичними змінами, що генерують значні втрати. Приклади: затоплення, землетруси, зміна облікової ставки.
Специфічний ризик	Даний вид ризику залежить від ознак самого об'єкту інвестування і може бути контрольований протягом горизонту інвестування. Приклади: ризики якості, юридичні ризики.

Джерело: складене автором на основі [1]

У випадку інвестиційних портфелів, у яких переважна частка активів – цінні папери, найбільш значущими є спекулятивний та фундаментальний ризики. Перший є найбільш поширеним через поширеність інвесторів, які розглядають у фінансових ринках в першу чергу спекулятивний інтерес, а другий впливає на фінансовий стан підприємств, що, в свою чергу, впливає на стан акцій. Найочевиднішим прикладом реалізації фундаментального ризику протягом останніх років стало падіння фондових ринків у лютому-березні 2020. Причиною стали введення локдаунів, спричинених

поширенням пандемії COVID-19. В результаті, через різке сповільнення ділової активності, вартість більшості акцій впала на третину (рис. 1.1).

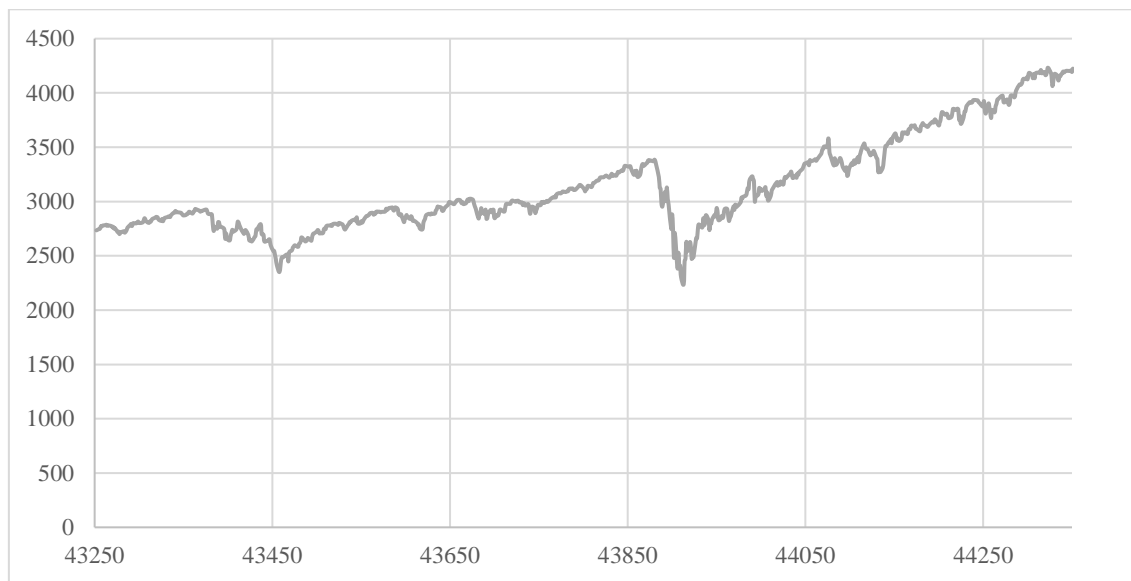


Рисунок 1.1 – Динаміка індексу S&P 500 в період з 2018 по 2021 роки.

Джерело: розрахунки авторів на основі даних [19].

Але разом з цим, подальше відновлення економіки призвело до ще більшого росту акцій великих корпорацій. Вже у серпні 2020 року компанії вийшли на докризовий рівень, а потягом наступних пів року вирости ще на 10-15%. В результаті, спостережливі гравці могли виграти і на падінні ринку, і на його подальшому відновленні.

Очікувана дохідність і стандартне квадратичне відхилення дозволяють інвестору зрозуміти особливості поведінки акцій та дозволяють зрозуміти ймовірну поведінку акцій у майбутньому. Розуміючи відповідні ризики, інвестор повинен корегувати свою інвестиційну стратегію та визначати той рівень дохідності, який відповідатиме його очікуванім ризикам. Для порівняння різних за дохідністю і ризиком активів було запропоновано коефіцієнт Шарпа [5].

Запропонований Вільямом Шарпом, коефіцієнт Шарпа показує, яку дохідність отримує інвестор за кожну одиницю ризику і вираховується за формулою (1.6):

$$\text{Sharp Ratio} = (r_p - r_f) \div \sigma_p, \quad (1.6)$$

де r_p – дохідність обраного актива;

r_f – дохідність безризикового активу

σ_p – середнє квадратичне відхилення [5]

Відповідно, чим більшим є коефіцієнт Шарпа, тим більш вигідним є актив для інвестора. Важливим елементом коефіцієнта Шарпа є дохідність безризикового активу. Цей показник позначає дохідність, яку можна очікувати від активів, які вважаються «безризиковими». На сьогоднішній день такою ставкою дохідності вважають держоблігації США, хоча для інших ринків можуть використовувати єврооблігації, або урядів окремих країн. Підбір ставки дохідності залежить від цілей інвестування та доступу до ресурсів.

Основними перевагами використання коефіцієнта Шарпа є:

простота – проявляється у легкості розуміння показника пересічним інвестором і дозволяє одразу зрозуміти особливості кожного окремого активу та, як наслідок, зробити висновки щодо подальшого інвестування

універсальність – дозволяє використовувати цей показник з будь-якими активами, для яких дохідність змінюється з часом.

З іншого боку, у показника є два суттєвих недоліки:

1. Неточності при роботі з окремими цінними паперами – проявляється в аналізі портфелів, в яких частка цінних паперів має значні нелінійні ризики, а також так звані «товсті хвости» у гістограмі дохідностей.

2. Викривлення підрахунків – окрім залежності від доходності за великий проміжок часу, проблемою коефіцієнта Шарпа є викривлення результатів моделі при залученні неліквідних активів. У випадку використання активів, обсяги торгів яких є невеликим, зміна цін відбувається рідше і, як наслідок, показник девіації, тоді як реальні ризики залишаються вищими.

Відповідно, незважаючи на наявні недоліки, коефіцієнт Шарпа залишається одним з найважливіших показників при обрахунку дохідності портфелів. Тим не

менш, новітні дослідження наполягають на необхідності використання даного коефіцієнта лише, як результуючого значення для всього портфеля, а не для кожної окремої акції. Це пояснюється наявністю кореляції між активами А і Б, яка може, як зменшити ризики результуючого портфелю, так і збільшити їх, залежно від динаміки їх акцій та реакції на події ринку

При формуванні будь-якого інвестиційного портфеля інвестор ставить перед собою певні цілі:

- мінімізація інвестиційних ризиків;
- приріст капіталу;
- досягнення необхідного рівня доходності;
- підтримання ліквідності інвестиційних коштів на прийнятному для інвестора рівні [11].

Відповідні цілі вимагають від інвестора не лише вибору окремого відповідного набору активів для інвестування та їхніх часток в портфелі, а й відповідного ребалансування портфелю через кожен окремий проміжок часу, або при появі неочікуваної події (зазвичай, різкого росту чи падіння вартості акцій окремих компаній, або ринка, в цілому). А для досягнення цих цілей потрібно не лише сформувати відповідний портфель, а і правильно провести його диверсифікацію.

1.2 Формування інвестиційного портфелю та його диверсифікація.

Диверсифікація – це процес розподілу капіталу, що зменшує вплив якогось конкретного активу чи ризику на поведінку активів. Базовим методом диверсифікації є інвестування в акції різних за своєю природою акцій. В такому випадку ціни на активи не змінюються в ідеальному синхроні і сам портфель буде мати меншу дисперсію, ніж середньозважена дисперсія акцій, що складають цей портфель, і як наслідок, меншу залежність від кожного окремого ризику.

Відомо, що на великих проміжках часу інвестування в одну компанію в порівнянні з потенційною доходністю не виправдано великі. Зниження цих ризиків і є основною задачею диверсифікації.

Купуючи акції обох компаній, інвестор знижує специфічний ризик кожної окремої компанії. При цьому, варто розуміти, що залишається фундаментальний, або системний ризик самого ринку, що можна виправити інвестуванням в акції компаній в інших країнах.

Наведемо приклад реалізації диверсифікації портфелю на основі акцій двох компаній, створений Гаррі Брансоном у праці «Визначення динаміки портфоліо» [7].

Розглянемо спрощену економічну систему, в якій на біржі котуються акції лише двох 2 підприємств: виробництво парасоль і виробництво крему для засмаги. Зрозуміло, що доходи компаній залежать від погоди. Якщо літо буде сонячним, більшість доходів отримає виробник крему від засмаги, якщо ж дощовим – виробник парасоль. Відповідно, розуміючи мінливість погоди, інвестування в одну з цих компаній є високоризикованим. Тому, автор пропонує сформувати портфель з акцій обох компаній. Поведінку ризиків і доходності окремих акцій і портфелю представлено на рис. 1.2

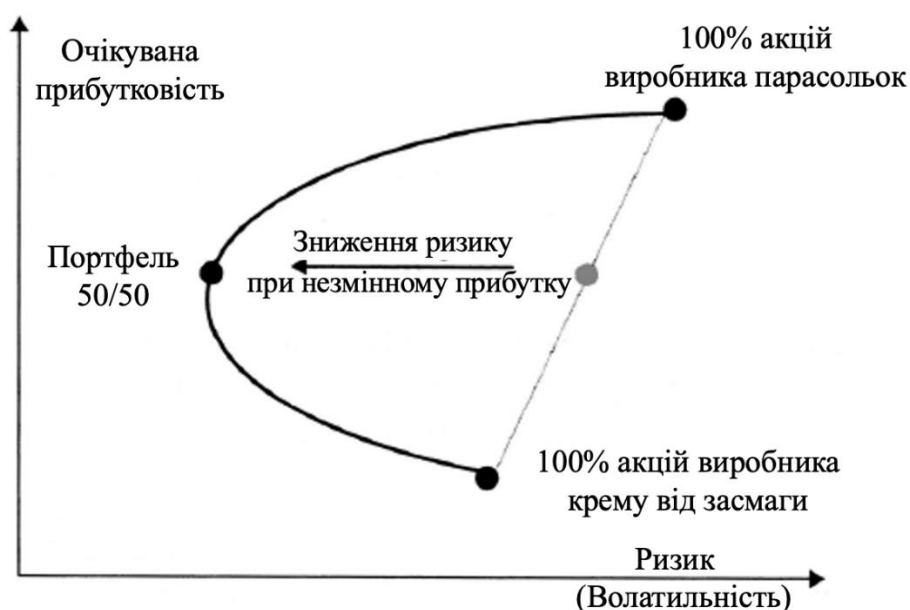


Рисунок 1.2 – Зниження ризиків диверсифікованого портфелю

Джерело: перекладено автором на основі [8].

Очікуваний дохід портфеля, який порівню розподілений між акціями двох компаній, дорівнює середньому значенню дохідності акцій, що входять до нього, тоді як волатильність портфелю значно нижча середньої волатильності двох акцій і значно менше волатильності складових портфоліо.

Точний вигляд кривої на рис. 1.2 залежить від коефіцієнту кореляції Пірсона.

Коефіцієнт кореляції визначає лінійну залежність між двома змінними і розраховується за формулою:

$$r = \frac{\sum_1^n xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{n\sigma_x^2\sigma_y^2}}, \quad (1.7)$$

де x, y – вартості акцій компаній A і B , відповідно,

σ_x^2, σ_y^2 – дисперсія відповідних акцій.

Значення коефіцієнту кореляції варіюється від -1 до 1 і показує, на скільки схожа динаміка у відповідної пари активів. Причому, якщо знак коефіцієнта показує, чи зміни ринку однаково впливають на динаміку акцій, чи протилежно, а абсолютне значення показника показує силу цього впливу.

Відповідно, кривизна графіка залежить від цього показника і чим меншою є кореляція між активами, тим більшим є зниження ризиків.

Екстраполюючи висновки з прикладу, можемо зробити висновок, що диверсифікація є важливим елементом інвестиційного менеджменту і необхідним елементом для формування оптимального портфелю.

В свою чергу, для формування оптимального портфелю найбільш поширеною теорією є теорія Марковіца.

Створена у 1952 році Генрі Марковіцом, сучасна портфельна теорія зробила переворот у інвестуванні і дозволила точно розраховувати очікуваний дохід та волатильність портфелю, що складається на основі чотирьох параметрів [9]:

- частка активів у портфелі;
- очікувана дохідність кожного з активів портфеля;
- волатильність активів портфеля;

- коефіцієнт кореляції між ними.

Марковіц довів, що з обмеженого числа цінних паперів можна створити набір ефективних портфелів. Ефективними вони називаються тому, що для кожного конкретного значення дохідності ризик портфелю є мінімальним. Якщо ж всі можливі значення ризиків-дохідностей ефективних портфелю з'єднати на графіку, буде отримано лінію, яку називають ефективною границею (efficient frontier) представлений на рис. 1.3.

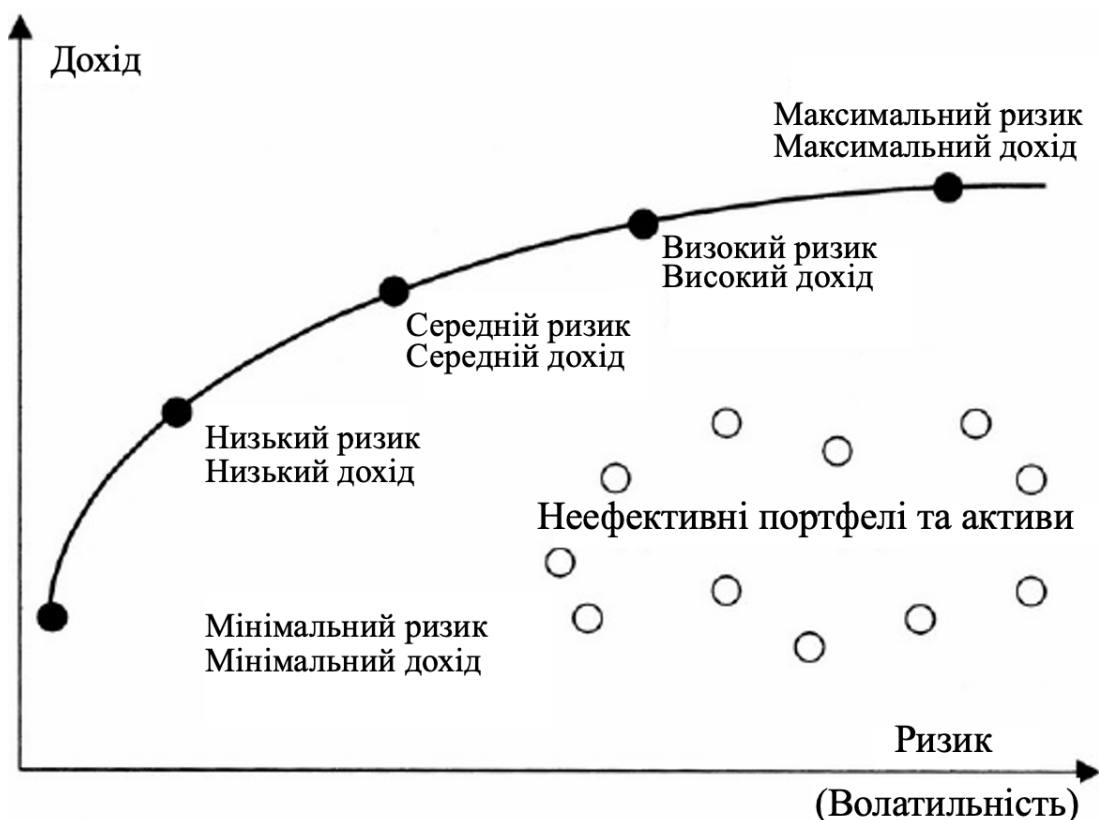


Рисунок 1.3 – Зниження ризиків диверсифікованого портфелю

Джерело: перекладено автором на основі [8].

На рисунку показана залежність очікуваної доходності від волатильності (тобто ризику) різних по вагах інвестиційних портфелів і відповідну множину ефективних портфелів. Ця множина і формує ефективну границю. Вище неї портфелів не існує, адже якби вони існували, то пряма проходила б через них. Таким чином, дана крива показує компроміси між ризиком і доходністю інвестиційного портфелю. Найважливішими особливостями цієї кривої є [12]:

- викривленість. Саме це викривлення і є результатом процесу диверсифікації;

- для створення ефективного портфелю, зазвичай, необхідно об'єднати в ньому окремі неефективні активи. Звідси можна зробити висновок, що ризики, пов'язані з кожним окремим активом мають побічне значення і важливо розглядати їх в множині значень портфеля, а не як окремий актив;

- відсутність необхідності детального вивчення елементів портфелю.

Завдяки цим особливостям сучасна портфельна теорія і стала популярною не лише у великих інвестиційних організаціях, а і індивідуальних інвесторів.

Також, на процес формування портфелю впливають очікування інвестора. Вони виливаються у вже згаданих очікуваних дохідності портфеля і ризиках, а також в його особистих когнітивних упередженнях.

Незважаючи на те, що базовою в економіці є концепція економічної людини, як раціонального індивіда, який діє на основі повної інформації на ринку, зазвичай людина так себе не поводить. В кожного окремого актора на основі його досвіду формуються упередження, які впливають на його інвестиційні рішення. Вперше висвітлені вченими, які активно вивчають поведінкову економіку, когнітивні упередження здатні змінювати поведінку людини, яка базово мала б себе поводити зовсім інакше.

Основними когнітивними упередженнями є [10]:

- Упередженість консерватизму. Це упередження з'являється у тих, хто прагне використовувати лише актуальний досвід без перевірки на попередній інформації. Це може змусити тих, хто приймає рішення, повільно реагувати на нову, важливу інформацію та надавати занадто велику вагу базовим припущенням.
- Нехтування базовою ставкою. Це упередження є протилежним ефектом відносно консерватизму, коли людина нехтує вже наявними стратегіями і керується лише новою інформацією без достатнього погляду на історичні дані.
- Упередження підтвердження. Це упередження пояснює поведінку людини, що шукає інформацію, яка підтверджує існуючі переконання, знижуючи або відкидаючи інформацію, яка може їм суперечити. Це одне з найважчих упереджень для подолання і усувається лише набуттям нового досвіду.

- Нехтування обсягом вибірки - це помилка, яку робить інвестор при огляді малої вибірки. Для того, щоб зробити суттєвий статистичний висновок із набору даних, він повинен бути достатньо великим, щоб бути значущим.
- Упередженість огляду. Спостерігається у випадку, коли людина сприймає фактичні результати як обґрунтовані та очікувані, ігноруючи інші результати чи не закінчивши повний огляд явища. В цьому випадку інвестор здатен переоцінювати точність своїх прогнозів і йти на перебільшені ризики.
- Закріплення та регулювання. Даний тип упередження з'являється у інвесторів, які беруть до уваги лише прогнозоване значення сприймають його, як абсолютне і незмінне. Інвестори, що мають цей тип упередження будуть вірити у відповідні значення, навіть якщо результати почнуть суттєво відхилятися від прогнозних.
- Психологічне сприйняття. Цей тип упереджень вирізняється у тих інвесторів, які різні грошові кошти, які створені для різних цілей, сприймають по-різному. Коли це трапляється, ризик та винагорода проєктів, здійснених для досягнення цих цілей, не розглядаються як загальний портфель, а вплив одного на інший ігнорується. Наприклад, кожна окрема гривня з пенсійних заощаджень, чи заощаджень на великі витрати сприймаються меншими, аніж одна гривня поточних витрат.
- Упередження доступності, або перекося у відхиленні на основні нещодавніх подій. Цей тип упередження з'являється тоді, коли інвестор сприймає майбутні ймовірності на основі значущих минулих подій. Наприклад, якщо у країні велика кількість економічних негараздів і кількість криз частіша, аніж у світі, населення починає вважати, що після чергового відновлення в найближчий час все одно відбудеться криза.
- Упередження обрамлення. Даний тип упередження з'являється тоді, коли людина обробляє одну і ту ж інформацію по-різному, залежно від форми її презентації.

Ці упередження впливають на інвестора і в момент прийняття інвестиційного рішення і протягом часу виконання контрактів. Тому, важливо, окрім розуміння схильностей окремого інвестора до ризику, ще розглядати і можливі упередження. Це

дозволить повноцінно реалізувати інвестиційну стратегію та досягнути планової доходності портфеля, який, в свою чергу буде обраховуватись математичними методами.

1.3 Моделі оптимізації інвестиційних портфелів.

Сформувавши список потенційних компаній для вкладання, інвестор повинен обрати відповідний набір ваг для свого портфелю. Під оптимізацією прийнято розуміти комплекс цілеспрямованих дій інвестора по модифікації його структури. Цілі оптимізації залежать, в першу чергу, від інвестора, як від обраного співвідношення показників ризику і доходності, так і від обраної інвестиційної політики. Сама ж оптимізація дозволяє вирішити такі завдання:

- Збільшення прибутковості портфеля
- Зниження ризиків портфеля
- Зміна кількості елементів у портфелі
- Забезпечення внутрішньої стійкості портфелю

Ефективним же є портфель, який виконує одну з функцій: або максимізацію прибутковості при мінімальному (заданому) рівню ризику, або мінімізація ризику при максимальній (заданій) прибутковості.

Для цих задач, на основі моделі Марковіца, розглянемо різні алгоритми оптимізації портфеля:

Середньодисперсійна оптимізація (Mean-Variance Optimization)

Математична задача оптимізації це в цілому, складна задача, з огляду на такі показники, як

- розмірність вхідних даних, накладених умов на задачу
- зовнішній вигляд
- задання графіку функції яку необхідно оптимізувати.

В дисципліні математичної оптимізації варто виділити підкатегорію оптимізації - а саме оптимізацію випуклих функцій, які можна формалізувати наступним чином. Нехай потрібно мінімізувати значення x для $f(x)$ на яку накладаються наступні умови.

$$g_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m \quad (1.8)$$

$$A(x) = b,$$

де функції f та x дійснозначні і вхідний вектор x має скінченну вимірність [10].

Задача оптимізації портфоліо належить до задач випуклої оптимізації. Це дозволяє застосовувати математичні методи оптимізації дійснозначних функцій. Проте, виникає питання формулювання задачі побудови портфелю через математичний формалізм апарату, щоб привести вхідні дані та обмеження до необхідної ввідної форми [10].

В межах практичної частини ми використовували спеціалізовану функцію мінімізації волатильності імплементовану в пакеті PyPortfolioOpt.

Задачу можна розбити на дві під задачі - функцію та критерій який оптимізують, та оптимізаційні обмеження. Для класичної задачі побудови оптимального портфоліо доцільно вибирати мінімізації ризику який обмежений певним критичним значенням дохідності, який є мінімально допустимим значенням за яким ми вважаємо конкретний актив в портфоліо дохідним, і додаємо з певною ненульовою вагою до нашого кінцевого, оптимального портфелю.

Аналогічно, можна задати максимізацію доходу в цілому, який обмежений умовою певного максимального ризику, поза межами якого ми не розглядаємо певний актив.

Однією з додаткових умов оптимізації, яка накладає додаткове звужуюче обмеження, це L2 регуляризація, запозичена з алгоритмів машинного навчання (1.9).

$$\|w\|_2 = \sqrt{(|w_1|^2 + |w_2|^2 + \dots + |w_N|^2)}^{\frac{1}{2}} \quad (1.9)$$

Таким, чином, вона мінімізує розкидання абсолютних значень ваг, зменшуючи ймовірність того, що якесь значення компонента з вектору ваг, асоційованих з активами, матиме велике значення, а всі решта мінімальне. В першу чергу, така

регуляризація приводить до зменшення впливу аномальних даних (outliers) та їх впливу на результат алгоритму.

Як було зазначено в попередніх дослідженнях метод оптимізації середньої дисперсії, часто приводить до появи ваг, значення який є маловпливовим на кінцевий портфель. Це очікувана, але не бажана поведінка алгоритму для побудови оптимального та диверсифікованого портфелю [12].

Для того аби змусити оптимізатор продукувати якомога більше важливих ваг, ми і додаємо регуляризацію цільової функції, і параметризуємо це певним коефіцієнтом γ який в свою чергу приводить до пеналізації надто великих та малих ваг в портфелі. Формально ми задаємо це через умову мінімізації добутку вектору ваг.

$$\underset{w}{\text{minimise}} \{w^T \Sigma w\} \rightarrow \underset{w}{\text{minimise}} \{w^T \Sigma w + \gamma w^T w\}, \quad (1.10)$$

Вектор-добуток ваг – це сума добутку ваг. Це зменшує кількість неважливих ваг вони асимптотично прямують до нуля, і при аллокації на активи будуть округлені до нуля. Таким чином, воно не дає алгоритму ані втримувати мінімальні ненульові ваги, ані надмірно розширювати вплив лише одного активу.

Модель оптимізації ефективної напівдисперсії

Ідея моделі ефективної напівдисперсії напряму пов'язана не стільки з накладанням штрафів та умови обмеження волатильності як такої в обох напрямках, як вгору (upside volatility) так і вниз (downside volatility). Метод ефективної напівдисперсії полягає в тому що ми пеналізуємо розподіл дисперсії який лежить нижче певного базового мінімального допустимого рівня ціни (threshold) і таким чином залишаємо ті показники який лежать вище за цей критичний показник, оскільки для інвестора будь-яка дохідність є позитивною та бажаною [13].

Існує два основних підходи до оцінки середнього та напівдисперсії як оптимізаційної задачі. Перший спосіб – це застосувати евристичну матрицю, з якої потрібно знайти наближення коваріаційної матриці і підставити її як в звичайному алгоритмі оптимізації середньої дисперсії. Згідно попередніх досліджень було

визначено, що такий підхід дає хорошу апроксимацію але не дає гарантованого стабільного портфолію, і є залежним від мінімальних змін в цінових показниках які йдуть на вхід алгоритму.

Другий підхід передбачає в описі та переформулюванні задачі ефективної напівдисперсії та її оптимізації через визначення пошуку максимізуючого критерію в задачах оптимізації випуклої функції. Функції від багатьох спостережуваних змінних були прораховані таким чином, аби надати точне рішення, яке є чисельно-близьким до аналітично оптимального рішення. Отже, щоб максимізувати дохідність для певної цільової напівдисперсії s^* (в умові ми припускаємо лише роботу з довгими позиціями в портфелі), ми накладаємо наступні обмеження, необхідно максимізувати w в системі рівнянь:

$$\begin{aligned} \omega^T \mu \\ n^T n &\leq s^* \\ B\omega - p + n &= 0 \quad (1.11) \\ \omega^T 1 &= 1 \\ n &\geq 0 \\ p &\geq 0 \end{aligned}$$

Де B - це матриця дохідностей активів, а n - то значення дисперсій кожного активу, і де p це заданий мінімальний критерій ефективної дохідності. Практичну імплементацію портфеля було взято з пакету PyPortfolioOpt. До цієї задачі також можна додати обмежуючі рівняння на розміри вагів, тощо [11].

Варто зазначити що знаходження середнього ефективного фронтиру напівдисперсії є з точки зору обчислень складнішою задачею. Скажімо, нехай в нас є T періодів та N змінних, ми матимемо складність в $2T + N$ оптимізаційних змінних що сильно ускладнює пошук оптимального набору параметрів.

Якщо перейти до математичного формулювання напівдисперсії між двома активами, які мають індекси i та j , по відношенню до оцінювальної матриці B - яка містить ринкові значення цін активів, то

$$\begin{aligned}\Sigma_{\bar{B}} &= E\{\text{Min}(R_i - B, 0) \cdot \text{Min}(R_j - B, 0)\} = \\ &= (1/T) \cdot \sum_{t=1}^T [\text{Min}(R_{it} - B, 0) \cdot \text{Min}(R_{jt} - B, 0)] \quad (1.12)\end{aligned}$$

Де R - це дохідність конкретного активу, T часові проміжки, а E - математичне очікування [13].

Це визначення можна екстраполювати на будь-яку матрицю B усіма накладеним обмеженнями яка би характеризувала бенчмарк цінності певного активу. Слід зазначити що згідно цього визначення, утворена матриця напівдисперсії є симетричною по діагоналі.

Тоді можна визначити очікування від доходності портфелю як

$$E_p = \sum_{i=1}^n x_i E_i \quad (1.13)$$

А відповідно напівдисперсію як

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \quad (1.14)$$

Важливо зазначити що ризик портфоліо може бути перевизначений через функцію ризику окремих активів, тобто дисперсії, коваріації та очікувані доходності кожного активу є екзогенними змінними. Також, ця задаче має доволі явно задану аналітичну форму [11].

Важливою складністю побудови матриці напівдисперсії є те, що результуюча матриця є ендегенною у висновку.

Тому зміна в значенні ваг, приведе до зміни в значеннях періодів в яких портфоліо недоотримує відносно бенчмарку, що в результаті приведе до зміни елементів коваріційної матриці.

Модель Блека-Літтермана

Модель Блека-Літтермана представляє собою альтернативний підхід до оцінки портфоліо, за використанням байесівських оцінок ймовірностей очікуваних доходів

відносно сукупності активів за умови заданих значень коваріації між ними та вхідними значеннями апіорних вірувань інвестора стосовно можливих відхилень значень активів відносно поточного середнього значення історичних показників дохідності [14].

Модель комбінує апіорну оцінку дохідності, наприклад взяті з ринкових відкритих джерел даних, і певні бачення (views) інвестора стосовно конкретних активів, щоб надати апостеріорну оцінку очікуваних дохідностей активів. На відміну, від запропонованого, та вже класичного підходу до побудови оптимізаційного портфеля за Марковіцем, де ключовим припущенням виступає те, що матриця дохідностей є сталою протягом всіх t періодів і відповідно, дисконтування ведеться по сталим оцінкам дохідностей. Модель Блека-Літтермана надає ж можливість відштовхуючись від базових суб'єктивних оцінок інвестора, динамічно переоцінювати ваги активів в розподілі ресурсів в портфолію. З цього боку, ми можемо використовувати цю модель як більш гнучку, оцінювальну базу, яка надає фреймворк для динамічної переоцінки бачення портфелю активів [16].

Також перевагами, цього методу є те, що можна надати свої очікування стосовно певної підмножини активів, і модель на основі врахування параметрів коваріації активів. Інвестора таким чином, може надати свої бачення впевненості в баченні розвитку трендів та тенденцій активів. Використання алгоритму Блека-Літтермана і відповідно апостеріорних значень значно стабільніше за середні-історичні дані про дохідності активів [14].

В основі своїй, алгоритм Блека-Літтермана опрацьовує вектор очікуваних дохідностей як чисельну величину яку необхідно оцінити. Математично це можна сформулювати наступним чином (1.15):

$$E(R) = [(\tau\Sigma)^{-1} + P^T\Omega^{-1}P]^{-1}[(\tau\Sigma)^{-1}\Pi + P^T\Omega^{-1}Q] \quad (1.15)$$

де $E(R)$ - це вектор $N \times 1$ очікуваних дохідностей, від N активів які ми розглядаємо в портфелі, Q - це вектор $K \times 1$, вектор заданих бачень інвестором на основі суб'єктивних суджень. P - $K \times N$ матриця відповідності множини бачень на множину. Ω - матриця міри невизначеності $K \times K$ бачень відносно себе самих. Π - с це вектор $N \times 1$ попередніх очікуваних дохідностей. Σ - с матриця $N \times N$ коваріації дохідностей активів. τ - скаляр який задається як гіперпараметр та підбирається емпірично при запуску алгоритму [14].

В підсумку, загальна формула моделі репрезентує собою середньозважене значення між апіорними оцінками дохідностей та баченнями, де ваги визначаються завдяки оцінці впевненості в баченнях та параметрі τ . Таким чином, ми можемо порахувати апостеріорну оцінку матриці коваріації як:

$$\hat{\Sigma} = \Sigma + [(\tau\Sigma)^{-1} + P^T\Omega^{-1}P]^{-1} \quad (1.16)$$

З точки зору, математичного моделювання не можна вважати алгоритм Блека-Літтермана виключно оптимізатором портфоліо, через те, що в суті своїй він робить переоцінку вхідних даних для алгоритмів які безпосередньо оптимізують портфель активів відносно заданих критеріїв, та в межах конкретних обмежень, формалізованих математично [11].

Ми можемо сприймати апіорну оцінки як оцінку за замовчуванням, яка, за умови відсутності жодної додаткової інформації є базовою оцінкою. Згідно оригінальної статті Блека-Літтермана можна взяти як базову оцінку для пріорних значень, ринкову оцінку дохідності, вбудовану з ринкову капіталізацію активу.

Кожен актив в портфоліо вносить певну оцінювану величину ризику до портфоліо пов'язану з волатильністю значень активу. Згідно стандартної теорії, інвестори мають отримувати компенсації за ризик який вони приймають, тому до портфелю ми можемо вкласти очікувану компенсацію за взятий на себе ризик. Для визначення числового показника ми використовуємо преміальну вартість з ринкової

оцінку ризику, яка являє собою надлишкову дохідність поділену на дисперсію значень. Ми можемо виразити це наступною формулою.

$$\delta = \frac{R - R_f}{\sigma^2} \quad (1.17)$$

Щоб порахувати оцінювану ринком дохідність, ми використовуємо наступну формулу [14]

$$\Pi = \delta \sum w_{mkt}, \quad (1.18)$$

де w_{mkt} - це ваги визначені з значень ринкової капіталізації.

Формула таким чином, сумує величину ризику надану кожним активом пропорційну до ринкової капіталізації та множить її на ціну ризику, отримуючи вектор дохідностей обумовлених ринком Π . В роботі була використана програмна реалізація на основі пакету PyPortfolioOpt [11]. Особливою перевагою підходу є можливість вибрати оцінювальний ризик-вектор на основі власних побажань, не обов'язково прив'язуючись до ринкової капіталізації, тощо. Проте, розмірність вектору має відповідати множині значень наших активів. Варто зазначити, що значна кількість досліджень приводять дані які сигналізують проте, що використовувати історичні середні оцінки значень активів це не оптимальний з точки зору інформативності, критерій.

З технічної точки зору, бачення можна не надавати, і тоді алгоритм Блека-Літтермана буде відпрацьовувати з рівномірним розподілом. Проте, це особливо корисно у випадку оцінки деривативів, та інших складних активів, поведінка яких не виражається простими лінійними співвідношеннями, тощо. Таким чином, можна надати власну впевненість отриману з певної пропрієтарної моделі стосовно оцінки похідних активів, і надати їх як базову оцінку тенденції розвитку активів.

В моделі Блека-Літтермана ми можемо надавати оціночну судження, в основі бачень. Скажімо, ми припускаємо що активи Google виростуть на 10 відсотків, а активи Apple навпаки, впадуть на 5, і разом з ними відбудеться орієнтовний спад акцій JPMorgan на 3 відсотки. Це абсолютні показники. Далі, Ми можемо задати відносні показники, що Google обійде Facebook на 4 відсотки, і сукупність активів British Airways та JPMorgan обійде General Electric на 15 відсотків. Це приклад відносних

бачень. В межах математичного апарату ми визначаємо рядок-вектор Q який визначає дійсні значення нашого прогнозу як матрицю.

$$Q = [0.1, -0.05, 0.03, 0.04, 0.15] \quad (1.19)$$

Далі, ми задаємо матрицю відповідності P яка би працювали як матриця трансформації множини заданих бачень на множину сукупності наших активів. Скажімо в нас ці 7 активів - відповідно це матриця 7 на 5.

$$\begin{aligned} &[1, 0, 0, 0, 0, 0], \\ &[0, 1, 0, 0, 0, 0], \\ P = &[0, 0, 1, 0, 0, 0], \quad (1.20) \\ &[1, 0, 0, -1, 0, 0], \\ &[0, 0, 1, 0, 1, -1], \end{aligned}$$

В даній матриці, ми визначаємо індекс в рядку який належить кожному активові. Якщо бачення абсолютне, то на індексі активі стоїть 1, і буде братися значення з індексу в Q лише для цього активу. Для відносних значень, індекси -1 означають кого “обходять”, а значення 1 хто “обходить”. Відповідно, ми однозначно проставляємо що на позиції 1 в 1 рядку у нас стоїть Google, на позиції 2 в 1 рядку Apple, і так далі. Важливо, щоб це індексування в кожному рядку було однаковим [14].

Далі, щоб оцінити матрицю впевненості, ми визначаємо діагональну матрицю коваріації яка містить дисперсії кожного бачення. Однією з евристик, якою ми скористаємося, для побудови матриці, це те що вона має бути пропорційна в лінійній залежності від дисперсії апіорних значень. Тоді за замовчуванням ми можемо задати матрицю впевненості як

$$\Omega = \tau * P \Sigma P^T \quad (1.21)$$

Варто зазначити що ми задаємо параметр τ , з як коефіцієнт який визначає відносне зважування моделей. Згідно досліджень, можна припустити як базове значення коефіцієнта 0.05.

На виході моделі, ми отримуємо, оцінку дохідностей та матрицю коваріації. Далі, ми можемо будувати оптимізаційні моделі, відштовхуючись від цих оцінок. Таким, чином, ми в кінці отримуємо ваги, відносно певного вибраного нами наперед оптимізаційного критерію [11].

$$w = (\delta \Sigma)^{-1} E(R) \quad (1.22)$$

В роботі, буде використано оцінку ваг вхідних даних для побудови фронтів, максимізацію критерію Шарпа, мінімізацію волатильності тощо.

Висновки до розділу 1.

Отже, інвестиційний портфель – це сукупність інвестиційних активів, згрупованих за певним алгоритмом з метою досягнення цільових значень відповідних параметрів. Перевагою портфельного інвестування перед проектним є можливість диверсифікації ризиків за допомогою інвестування в різні за своєю структурою активи. Це дозволяє зменшити вплив специфічного ризику і залишити лише ринковий.

Вибір активів для інвестування залежить від очікувань інвестора в питаннях доходності і ризику, а також беручи до уваги його упередження, які за мають бути максимально нівельовані для повноцінної реалізації інвестиційної стратегії.

Завдяки створенню сучасної портфельної теорії, оцінка інвестиційних активів стала більш осмисленою. Обрахунок ефективних портфоліо дозволив для кожного очікуваного рівня доходності створити такий набір портфелів, який дозволить мінімізувати його ризики, а вдосконалення цієї теорії дозволило розраховувати портфелі на основі різних припущень: динамічності зміни очікуваних доходів, вплив стохастичних процесів чи шоків, а також додавати в модель експертні очікування інвестора. Використання для цього аналітичних застосунків дозволяє в короткий час сформулювати портфелі, які з різних сторін зможуть досягати очікуваної доходності.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПАНІЇ, ЯК ОБ'ЄКТ ІНВЕСТИВАННЯ

2.1 Технологічні компанії та особливості їх життєвого циклу.

Саме поняття технології є надзвичайно широким і пояснюється, як засіб, що створений на основі наукового знання. Це поняття надзвичайно широке і може включати створення будь-яких знарядь праці: від кам'яних наконечників для зброї до термоядерного синтезу. Через таку ширину в роботі технологічними компаніями буде названо компанії з інноваційних сфер, які активно розвиваються і належать до сфери інформаційних технологій: як розробники програмного забезпечення та застосунків, так і електричного обладнання, а також компанії, що працюють з алгоритмами на основі штучного інтелекту [17].

Сфера інформаційних технологій є відносно молодого і почалась з середини XIX століття, коли були створені перші обчислювальні машини, які дозволяли спрощувати обрахунки простих арифметичних операцій, а потім дозволяли вирішувати складні обрахунки. За цих півтора століття індустрія розвинулась до небачених раніше масштабів. Загальна вартість компаній, що належать до ІТ технологій сягає 764 млрд дол і продовжує рости зі швидкістю 8,02% щорічно [18], а більшість топ 10 компаній за ринковою капіталізацією належать до компаній, що займаються інформаційними технологіями.

Ріст галузі інформаційних технологій пояснюється постійним ростом потреб до обчислень. Пері повноцінні програмовані машини були створені ще в часи Другої Світової війни у військових цілях, але з часом почали потрапляти і в споживчий сектор економіки. Важливим стрибком у розвитку інформаційних технологій стало впровадження інтернету, що дозволило мільйонам споживачів обмінюватись інформацією, що спричинило ріст компаній абсолютно нового типу. Якщо до 90х років XX століття найбільшими компаніями були нафтові компанії,

автомобілебудівні, фінансові, то за 20 років лідерами стали ІТ компанії, які мають сотні мільйонів споживачів послуг по всьому світу.

Ринок інформаційних технологій зараз є одним з найдинамічніших ринків у світі і це пояснюється різницею у тривалості бізнес-циклу. Динамічність ринку змушує зменшувати класичний період росту компанії в два-три рази. За той період, коли класичне підприємство запускає лише тестові продукти, технологічна компанія може переживати пік своєї активності.

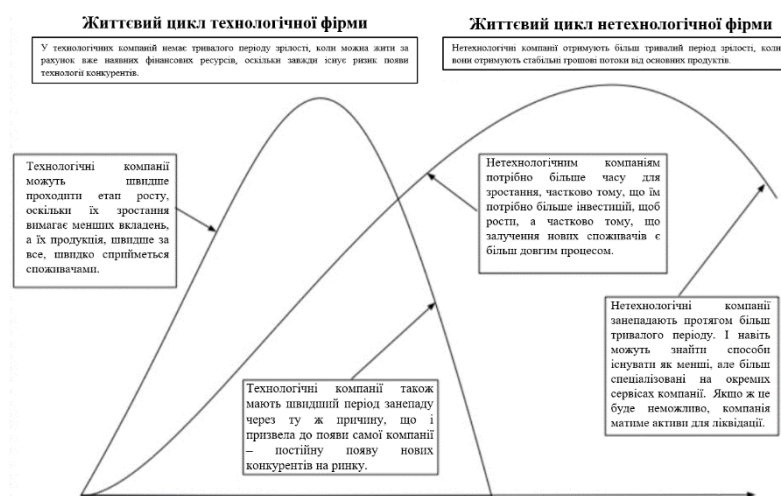


Рис. 2.1. Життєвий цикл технологічної та не технологічної компаній.

Джерело: [6].

Крім цього, на відміну від органічного росту споживачів у класичної компанії, технологічні компанії у боротьбі з конкурентами спочатку переживають етап ажіотажу, який потім згасає і формує додатковий кризовий період у житті компанії (Рис. 2.2). В результаті досягнення цього періоду компанія або формує повноцінний продуктовий ряд, який їй дозволяє залишатись на ринку, або ж компанія згасає і вона банкрутує.

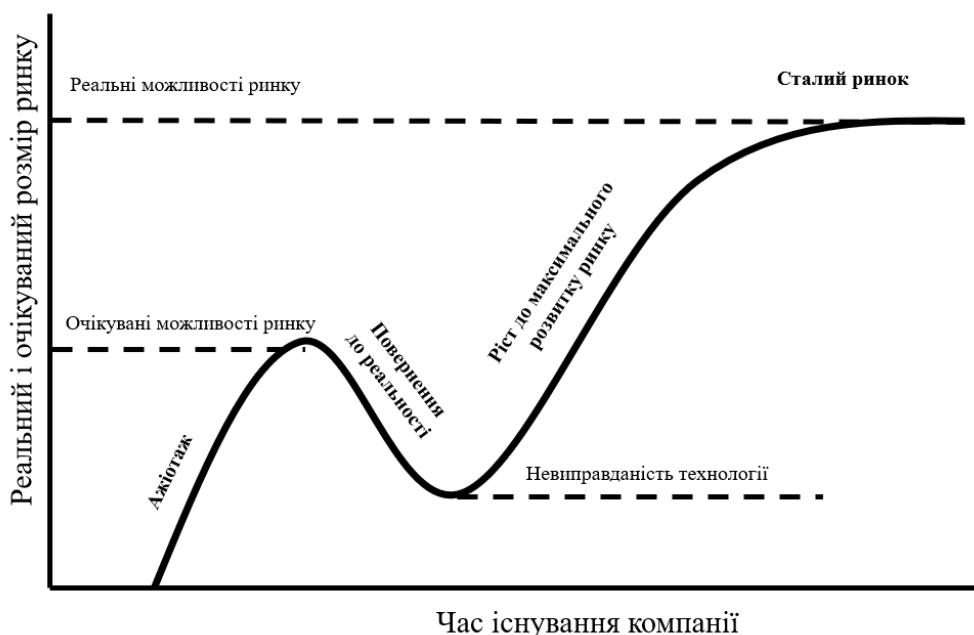


Рис. 2.2. Ринковий цикл розвитку ІТ компанії.

Джерело: [14]

Прикладом такої динаміки є капіталізація компанії Amazon Inc. У 1998 році, коли Amazon запустили продаж CD дисків на своїй платформі, акції компанії зросли в 11.8 разів протягом року (рис. 2.3). Тим не менш, у 2000 році почалось падіння, яке повернуло компанію до своїх очікуваних показників. Але разом з цим, компанія не збанкрутувала, а продовжила розвивати свої продукти, що дозволило в другій половині 2000-х активно розвиватись.

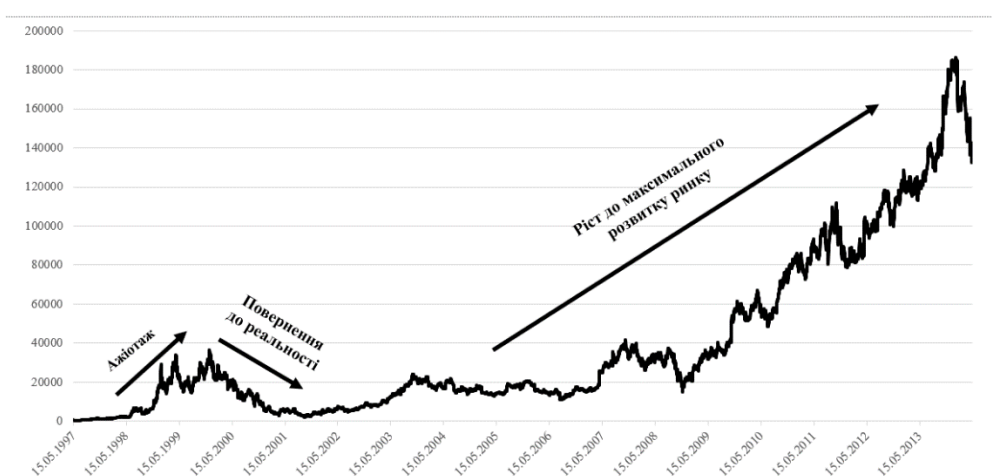


Рисунок 2.3 – Динаміка акцій компанії Amazon Inc. у 1997-2013 роках

Джерело: візуалізовано автором на основі даних [19].

Але попри колосальний ріст індустрії за останні 30 років, вона все ще продовжує рости. У 2021 році трендами в індустрії продовжують бути та стають:

- Штучний інтелект та машинне навчання
- Роботизація та автоматизація процесів
- Квантові обчислення.
- Периферійні обчислення.
- Віртуальна та доповнена реальність.
- Блокчейн технології.
- Інтернет речей (Internet of Things).
- 5G передача даних
- Кібербезпека [20].

В цих напрямках відбуватиметься найбільше змін та буде формуватися велика кількість руйнівних технологій. І в цьому випадку буде дуже потужна боротьба між великими технологічними компаніями та стартапами. На стороні одних – доступ до найкращих R&D розробок, фінансових ресурсів та внутрішніх ресурсів корпорації, а на стороні інших – незабюрократизованість та свіжий погляд на вирішення поточних проблем.

Відповідно, через свій прискорений бізнес-цикл, інвестування в технологічні компанії може дати, як колосальний ріст, так і серйозне падіння вартості інвестиційного портфеля. І причиною такої зміни може бути аномальна поведінка акції.

2.2 Сучасний ринок інформаційних технологій та головні тенденції розвитку.

В 2020 році глобальний ринок стикнувся з пандемією викликану поширенням вірусу SARS-COV-2 і сфера інформаційних технологій теж не була осторонь цієї ситуації. Згідно інформації інформаційної агенції IDC, загальний дохід індустрії інформаційних технологій у 2020 році скоротився з очікуваних 5.2 трлн дол до 4.8

трлн дол. І хоч це падіння є меншим, аніж в інших індустріях, але пандемія всеодно досить суттєво вплинула на ринок [21].

В цьому році прогнозується, що ринок інформаційних технологій продовжить свій ріст у швидких темпах, презентуючи 4.2% росту у 2021 і 5% росту в наступні роки до 2024, включно [21]

Найбільшим регіоном по кількості компаній та загальним грошовим обігом є США. Тримаючи приблизно 1.6 трильйонів, США впевнено продовжує впевнено розвивати, збільшуючи, кількість компаній в країні, як публічних, так і приватних, а також налагоджуючи ресурси для розвитку цих компаній (рис.2.4).

Але разом з цим, дві третини індустрії знаходяться в інших частинах світу і, в першу чергу: в Європі (19%), Китаї (14%), Австралії та Океанії (11%), а також Японії (7%).

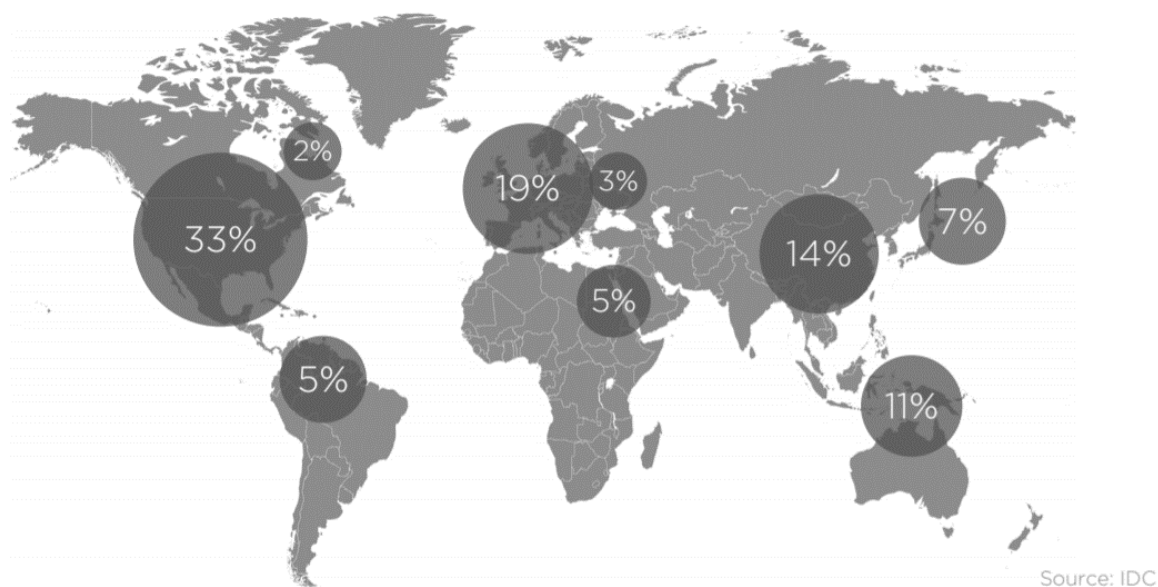


Рисунок 2.4 Регіональний розподіл індустрії інформаційних технологій у 2020 році
Джерело: [21].

Важливо також розуміти і розподіл категорій інформаційних технологій. Так, інформаційної агенції IDC вирізняла для аналізу 5 категорій [21]:

- Програмне забезпечення
- Пристрої та інфраструктура
- Інформаційні технології та бізнес-сервіси
- Інноваційні розробки

- Телекомунікаційні сервіси

Це є найбільш універсальним поглядом, адже як функціональна кластеризація може детальніше пояснити окрему категорію інформаційних технологій. За цією класифікацією можемо побачити, що немає категорії, яка значно переважає відносно інших. Найбільшою в світі є категорія телекомунікаційних систем, тоді як в США найбільшою є категорія інформаційних технологій та бізнес сервісів. І ця тенденція є доволі логічною, якщо розглядати кількість



Рис. 2.5. Категорійний розподіл ринку інформаційних технологій у світі та в США.

Джерело: [21].

Але не зважаючи на описане падіння ринку, загалом, фінансові ринки показують зворотню ситуацію. Якщо аналізувати фондові індекси, тенденція говорить про ріст індустрії. Так, у 2020 році біржовий інвестиційний фонд Vanguard Information Technology Index Fund ETF Shares хоч і впав на 31.8% протягом кінця лютого-березня 2020 року, але до червня індекс повернувся до докризових показників і з того часу продовжив рости [22]. В результаті, за 2020 рік індекс зріс на 44.8%.

Аналогічна ситуація з іншими індексами. Так, Technology Select Sector SPDR Fund при схожій динаміці за 2020 рік виріс на 41% [23], а iShares U.S. Technology ETF – на 44.5% [24].

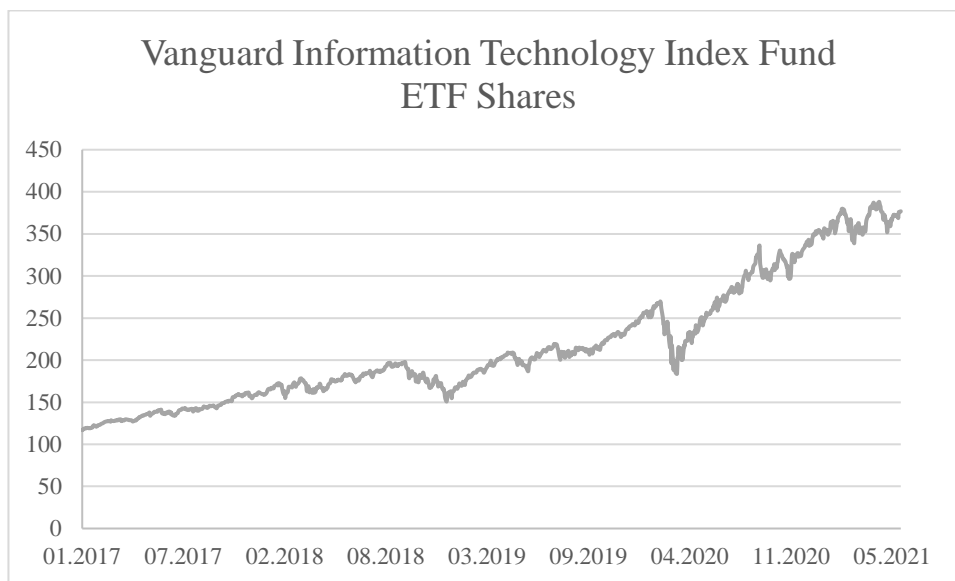


Рис. 2.6. Динаміка акцій біржового фонду Vanguard Information Technology Index Fund.

Джерело: [22].

Але разом з цим, прогнози щодо росту можуть змінитись залежно від реалізації декількох суттєвих ризиків (рис. 2.7).

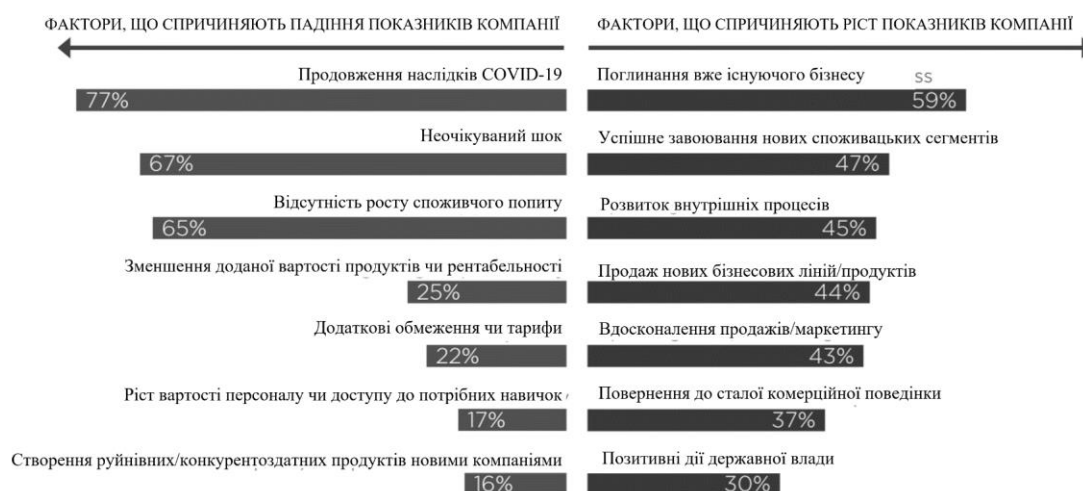


Рис. 2.7. Основні фактори, що можуть вплинути на поведінку окремих ІТ компаній та ринку, в цілому.

Джерело: [21].

Основними ризиками, які можуть вплинути на динаміку компаній є:

- Продовження пандемії COVID 19
- Неочікуваний шок на ринку.

- Невідновлення споживчого попиту в порівнянні з показниками 2019 року.

Всі ці ризики є зовнішніми для кожної компанії і нікому не вдасться їх уникнути при їх реалізації. Але, тим не менш, компанії можуть їх нівелювати через вдосконалення власного бізнесу. Інформаційна агенція IDC виділяє M&A активності та активний розвиток власних продуктів основними джерелами росту бізнесу.

Тому, для того, щоб успішно обрати компанії для інвестування, потрібно розглядати не лише її фінансові показники, а й поведінку їхніх портфельних продуктів та наявність чіткої стратегії компанії. Це і буде одним з критеріїв відбору компанії до остаточного портфелю.

2.3 Підбір компаній для інвестування.

Перелік технологічних компаній є надзвичайно різноманітним. Як вже було згадано, на перше січня 2021 року з топ 10 компаній з найбільшою капіталізацією сім є технологічними, а загальний об'єм компаній з індустрії інформаційних технологій складає 764 млрд дол з щорічним темпом росту у 8,02% протягом наступних п'яти років [18]. Тому, беручи до аналізу технологічні компанії, важливо розуміти, що вони мають, в середньому, вищу дохідність, але і більшу дисперсію через вплив користувачів чи звичайних новин на їх ціни.

Процес створення інвестиційного портфелю включатиме такі етапи:

- Пошук компаній
- Відбір компаній для аналізу
- Формування остаточного списку компаній
- Створення та оптимізація портфелів на основі наявних алгоритмів
- Аналіз та вибір стратегії інвестування

Основними умовами для формування інвестиційного портфелю були такі критерії:

1. Причетність до галузі інформаційних технологій.

2. Категорії для аналізу: Застосунки, Штучний інтелект, Споживацька електроніка, Дані та аналітика, Апаратне забезпечення, Інформаційні технології, Інтернет сервіси та мобільні технології.
3. Невеликий термін торгів на фондовій біржі (до 4 років).
4. Наявність всієї біржової інформації.

Тому, для формування інвестиційного портфелю було попередньо зібрано список з усіх компаній, які у 2017-2018 році зробили первинну публічну пропозицію (IPO), вийшли на фондові біржі NASDAQ та NYSE та належать до категорії інформаційних технологій, які проходили аналіз. Таких ви джерело інформації було взято ресурс crunchbase.com [25].

Основними критеріями підбору активів технологічних компаній стали:

- наявність відкритих та неперервних даних для аналізу: вартостей акцій та фінансової звітності за 2020 рік;
- позитивна середня динаміка акцій протягом кожного з наступних років після IPO (2019, 2020);
- активність на біржі;
- наявність чіткої продуктової структури та висвітлення динаміки ринків

Згідно першого критерію було відсіяно залишено 126 компаній, після перевірки другого критерію – 113.

Але разом з цим, основною проблемою великої кількості компаній, таким методом залишаються:

- некоректні дані по дохідностях;
- некоректно порахований ринковий коефіцієнт Бета.
- різна методологія аналізу компаній

Тому, на основі лише обмеження по даних було відібрано 103 компанії. А оглянувши сайти решти компаній, наявність чіткої продуктової лінії було знайдено лише у 79 компаній. Тому до остаточного списку компаній було обрано саме 79 фірм.

Якщо розглядати всі компанії з вибірки, то, не зважаючи на пізній відносно пізній вихід на біржу, більшість компаній мають високу капіталізацію: 28 компаній

мають капіталізацію до 1 млрд дол, 33 компанії від 1 до 10 млрд дол і 19 компаній від 10 млрд до 131,5 млрд дол.



Рисунок 2.8 – Гістограма виходу компаній на біржу

Джерело: візуалізовано автором на основі даних [25].

Цікавий також і розподіл країн по даті заснування. Хоч вони оголошували первинну публічну пропозицію в період з 2017 по 2018 рік, але лише 25 компаній були засновані у 2010 році і пізніше. В свою чергу, 37 компаній було створено у період з 2000 по 2009, 9 компаній – з 1990 по 1999 і ще 8 до 1990. Найстаршою серед вибірки є компанія Hamilton Beach Brands Holding Company, яка вже 111 років випускає функціональні товари широкого вжитку, а зараз займається розробкою, дизайном та продажем побутової техніки.

Регіональний розподіл вибірки є більш очевидним: 65 компаній мають основний офіс в США, тоді як 8 в США та по одній в Канаді, Ізраїлі, Сінгапурі, Швеції, Нідерландах та у Великобританії. Невелика диверсифікація американських компаній іноземними дозволить трохи зменшити також і ринковий ризик, який хоч і присутній через котування цінних паперів на біржах Нью-Йорка, але вплив матиме менший через інакше фактичне перебування компаній.

Також, вплив на моделювання може спричинити фінансова звітність, адже у 2020 році лише 24 компанії з 79 закінчили календарний рік з додатнім фінансовим результатом. Але, розглядаючи швидкий ріст акцій компаній навіть після негативного

фінансового результату, цей показник можемо не брати до уваги для аналізу ринкових показників.

В результаті, отриманий набір з 79 компаній складається з активних та перспективних компаній, більшість з яких протягом 2018-2020 років мають позитивну динаміку акцій, а також прийнятні фінансові показники для моделювання.

Висновки до розділу 2.

Отже, в роботі під поняттям технологічні компанії маються на увазі технологічні компанії, що займаються обробкою даних, а також займаються апаратним забезпеченням відповідних застосунків.

Особливістю багатьох компаній зі сфери інформаційних технологій є їх коротких продуктовий бізнес цикл. Дуже часто за період, коли класична компанія лише запускає свій продукт, технологічна компанія може вже переживати спад і рухатись до загибелі. І в цьому випадку бізнес або диверсифікується, створюючи нові продукти, або вдосконалює і змінює вже наявні, щоб залишатись конкурентним, або займає свою невелику нішу, в рамках якої і функціонує.

Загалом, ринок інформаційних технологій продовжує розвиватись. Різні агенції очікують від ринку ріст від 5% до 8% річних у період з 2021 по 2025 [26]. І разом з цим, біотехнологічні індекси показують значно кращі показники – від 41% до 45%. Тому, розглядаючи такі можливості ринку, можемо очікувати, що ринкові ризики є доволі мало ймовірними в наступний рік, який, відповідно є нашим періодом інвестування.

Серед всього сектору технологічних компаній було вирішено взяти молоді компанії, що вийшли на біржі в період з 2017 по 2018 рік. Це дозволяє з одного боку, дозволяє отримати портфель потенційно більш дохідний, аніж базові індекси, а з іншого боку, менше остерігатись руйнівного впливу фізичних осіб, як дуже активних інвесторів в останні 2 роки.

В результаті, було отримано 79 компаній, частина з яких будуть використані для подальшого аналізу та відбору до інвестиційних портфелів.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПОРТФЕЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПАНІЙ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ

3.1 Формування інвестиційного портфелю, факторний аналіз.

Наступним кроком для формування інвестиційного портфелю є підбір компаній для інвестування. Інвестування у всі 89 компаній є доволі вартісним в обслуговуванні, тому для остаточного формування портфелів за ціль було поставлено портфель з 30 компаній.

Підбір компаній буде виконано за допомогою аналізу аналізу біржових показників компаній методами факторного аналізу та важливості зв'язку. Список показників представлено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Список змінних, що беруть участь у моделюванні

Average Log-returns	Market Capitalization	Enterprise Value	Price/Sales	Enterprise Value/Revenue	Enterprise Value/EBITDA	
Beta	Profit Margin	Operating Margin	Return on Assets	Revenue Per Share	Quarterly Revenue Growth	
Gross Profit	Diluted EPS	Total Cash	Total Cash Per Share	Current Ratio	Book Value Per Share	Operating Cash Flow

Джерело: [28]

Такий набір показників дозволяє швидко зрозуміти фінансовий стан підприємства, його сильні та слабкі сторони на 2021 рік, а також фінансові результати після кризового 2020 року.

Спочатку розглянемо залежності змінних за допомогою кореляційної матриці (рис. 3.1)

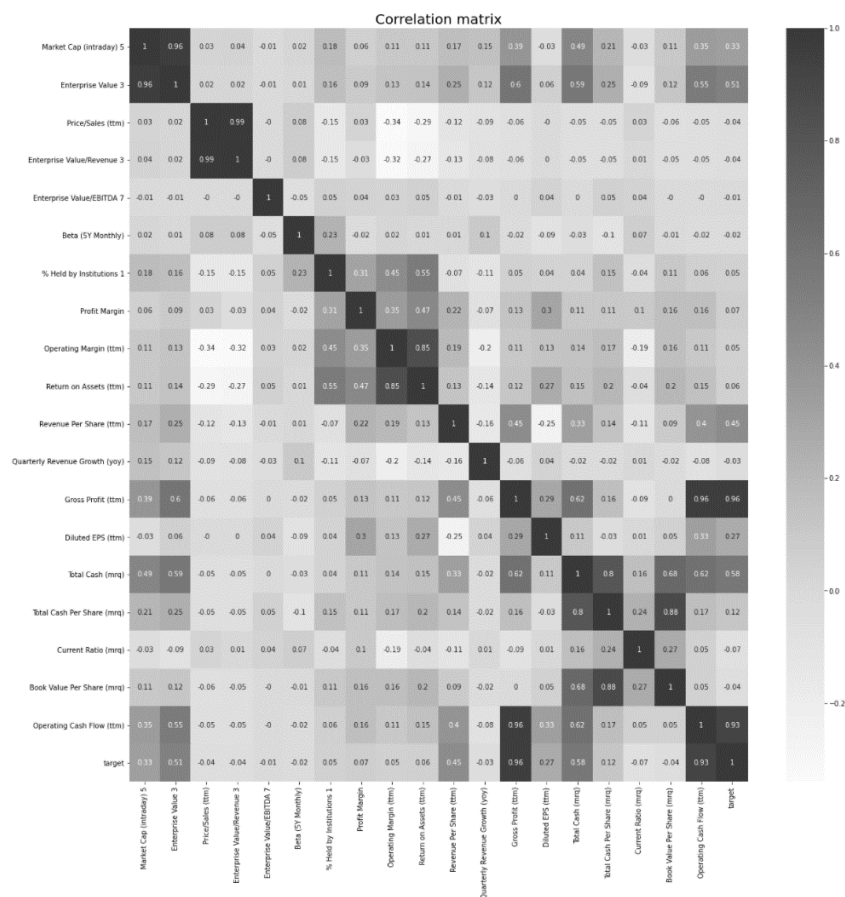


Рис. 3.1. Кореляційна матриця біржових показників обраних публічних компаній.

Джерело: створене автором на основі даних [27] у програмному середовищі Pandas.

З кореляційної матриці можемо зробити висновок, що потенційно найбільший зв'язок з середнім значенням дохідності (на рис.3.1 – target) мають такі показники, валовий прибуток та об'єми операційних грошових потоків. З тих, що мають середню кореляцію можна виділити оцінку валової вартості підприємства, доходів на одиницю акції та загальний об'єм готівкових коштів. Ці показники можуть мати зв'язок з цільовим показником і для перевірки гіпотези проведемо факторний аналіз.

Для того, щоб визначити, які чинники можуть впливати на ріст середньої дохідності, проведемо факторний аналіз

Припустимо, що існує 3 латентних фактори, що впливають на модель та проведемо моделювання.

```
print(pd.DataFrame(fa.loadings_, index=df.columns))
```

	0	1	2
1 year	0.794996	-0.420261	-0.248750
Market Cap (intraday) 5	0.529170	-0.127955	0.057628
Enterprise Value 3	0.685967	-0.192028	0.011886
Price/Sales (ttm)	-0.142018	-0.399946	0.265258
Enterprise Value/Revenue 3	-0.141115	-0.396625	0.262135
Enterprise Value/EBITDA 7	0.014774	0.052340	0.001754
Beta (5Y Monthly)	-0.019782	0.005775	-0.023024
% Held by Institutions 1	0.220577	0.426793	-0.182699
Profit Margin	0.255723	0.302180	-0.123648
Operating Margin (ttm)	0.348732	0.697320	-0.370506
Return on Assets (ttm)	0.385487	0.732215	-0.346965
Revenue Per Share (ttm)	0.420168	-0.051120	-0.105770
Quarterly Revenue Growth (yoy)	-0.048083	-0.094589	0.067266
Gross Profit (ttm)	0.868763	-0.388474	-0.263553
Diluted EPS (ttm)	0.218881	0.031315	-0.153702
Total Cash (mrq)	0.862706	0.001084	0.478138
Total Cash Per Share (mrq)	0.519852	0.355135	0.712828
Current Ratio (mrq)	0.015531	0.050586	0.299324
Book Value Per Share (mrq)	0.384009	0.432115	0.706924
Operating Cash Flow (ttm)	0.840084	-0.335021	-0.215126

Рис. 3.2. Оцінки впливу латентних факторів на аналізовані змінні.

Джерело: створене автором на основі даних [27] у програмному середовищі Pandas.

На основі факторного аналізу було зроблено такі висновки:

1. Існує латентний фактор 0, який позитивно впливає на річну дохідність, ринкову капіталізацію, оцінку вартості компанії, показник доходів на одиницю акції, валовий дохід та обсяги готівкових коштів компанії.

2. Існує латентний фактор 1, вплив якого є слабким, але все ще присутнім на такі змінні, як річна дохідність акцій, P/S, EV, ROA, операційна рентабельність, валовий прибуток, обсяги готівкових коштів компанії. Причому, вплив цього фактору на річну дохідність є негативним

3. Існує латентний фактор 3, вплив якого є слабким, але сильним на показники вартості активів компанії на одиницю акцій, обсяги готівкових коштів на одиницю акцій та загальні обсяги готівкових коштів

З усіх факторів, лише нульовий фактор є достатньо впливовим та має середній та сильний зв'язок з вісьмома змінними. Для того ж, щоб, визначити, чи, дійсно,

відповідні фактори мають зв'язок між собою та чи впливають на цільове значення (середню дохідність акцій), проведемо аналіз важливості ознак.

Для аналізу оцінок було виконано 3 методи аналізу важливості ознак: базової важливості ознак (scikit-learn),

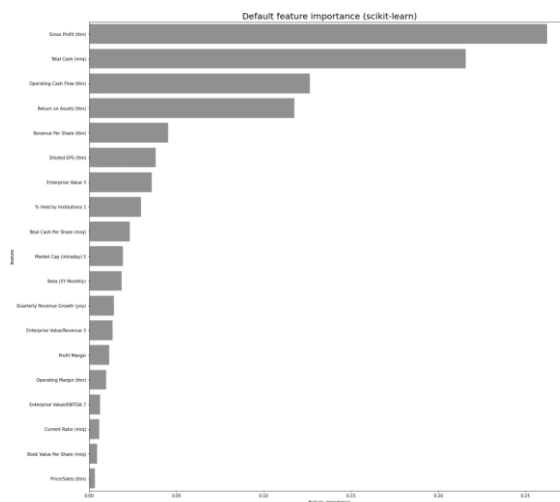


Рис. 3.3. Результати базової оцінки важливості ознак.

Джерело: створене автором на основі даних [27] у програмному середовищі Pandas.

На основі базового алгоритму оцінки важливості ознак видно, що з дев'ятнадцяти змінних лише 4 мають значення показника схожості більший за 0.1 (Gross Profit, Total Cash, Operating Cash Flow і Return on Assets) і ще 7 змінних мають значення від 0.01 і 0.1 (Revenue per Share, Diluted EPS, Enterprise Value, % held by Institutions, Total Cash, Market Capitalization, Beta).

Для порівняння результатів було проведено аналіз важливості ознак ще двома методами: методами видалення стовпчиків (Drop Column) та перестановок (рис. 3.4).

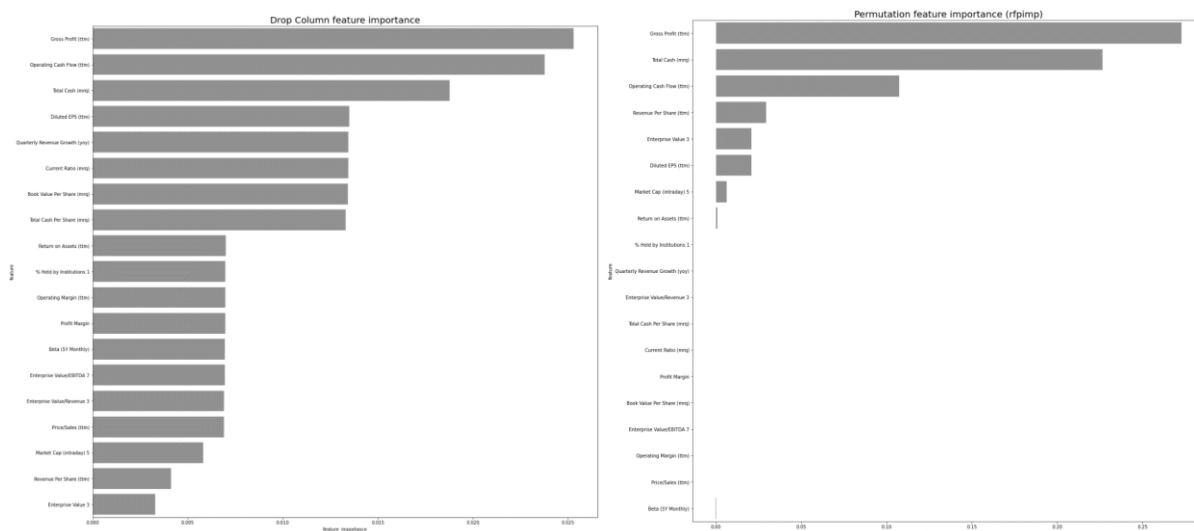


Рис. 3.4. Результати оцінки важливості ознак методами видалення стовпчиків та перестановки.

Джерело: створене автором на основі даних [27] у програмному середовищі Pandas.

Метод видалення стовпчиків показав значно більші показники схожості ознак і набагато більше середнє значення показників, аніж базовий метод і, окрім вже названих показників Gross Profit, Operating Cash Flow та Total Cash, виділив серед впливових такі показники, як Diluted EPS, Quarterly Revenue Growth, Current Ratio, Book Value per Share та Total Cash per Share.

В свою чергу, метод перестановок зменшив кількість змінних, у яких показник схожості ознак не близький до нуля, до восьми: Gross Profit, Total Cash, Operating Cash Flow, Revenue per Share, Enterprise Value, Diluted EPS, Market Capitalization і Return on Assets.

Розглядаючи найвищі значення показника схожості ознак у всіх трьох моделей, можна побачити, що найбільшими значеннями у всіх трьох моделях є значення змінних Gross Profit, Total Cash, Operating Cash Flow, Revenue Per Share, Enterprise Value, Return on Assets і Revenue per Share. Крім цього, хоча б в одній моделі були високі значення Diluted EPS, % held by institutions і Total Cash per Share.

Тому, беручи до уваги, обсяги моделі та отримані результати, було вирішено формувати список змінних на основі результатів моделі оцінки важливості ознак методом перестановки.

Ваги для оцінки компаній були взяті на основі показників важливості кожної змінної. Таким чином, було сформовано такий список змінних з відповідними вагами (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 Фіналізовані ваги для ранжування компаній

Змінна	Ваги
Gross Profit (ttm)	39.87%
Total Cash (mrq)	33.10%
Operating Cash Flow (ttm)	15.68%
Revenue Per Share (ttm)	4.29%
Enterprise Value 3	3.04%
Diluted EPS (ttm)	3.02%
Market Cap (intraday) 5	0.90%
Return on Assets (ttm)	0.11%

Джерело: [25]

Нормалізувавши дані та сформувавши оцінку за формулою:

$$Mark = \sum_{t=1}^n w_n * x_n, \quad (3.1)$$

де w_n – ваги кожної категорії,

x_n – нормалізоване значення

n – кількість категорій

Відповідно до заданого алгоритму, було відібрано 30 компаній, які братимуть участь в розробці алгоритму.

Таблиця 3.3 Список компаній, що беруть участь у моделюванні портфелів

Airgain	Coupa Software	Quanterix
Altair Engineering	DocuSign	Red Violet
Arlo	Endava	Redfin
Avalara	i3 Verticals	REPAY
BlackLine	Impinj	Roku
Canada Goose	Liberty Latin America	SailPoint

Cardlytics	Liberty Oilfield Services	Smartsheet
Ceridian	LiveRamp	Twilio
Cloudera	nLIGHT	Veritone
	Okta	Zscaler

Джерело: [25]

До фінальної вибірки потрапило 6 компаній середніх компаній з капіталізацією до 1 млрд дол (рис.3.5), 16 компаній в категорії від 1 до 10 млрд дол та 8 компаній з ринковою капіталізацією більше 10 млрд дол.

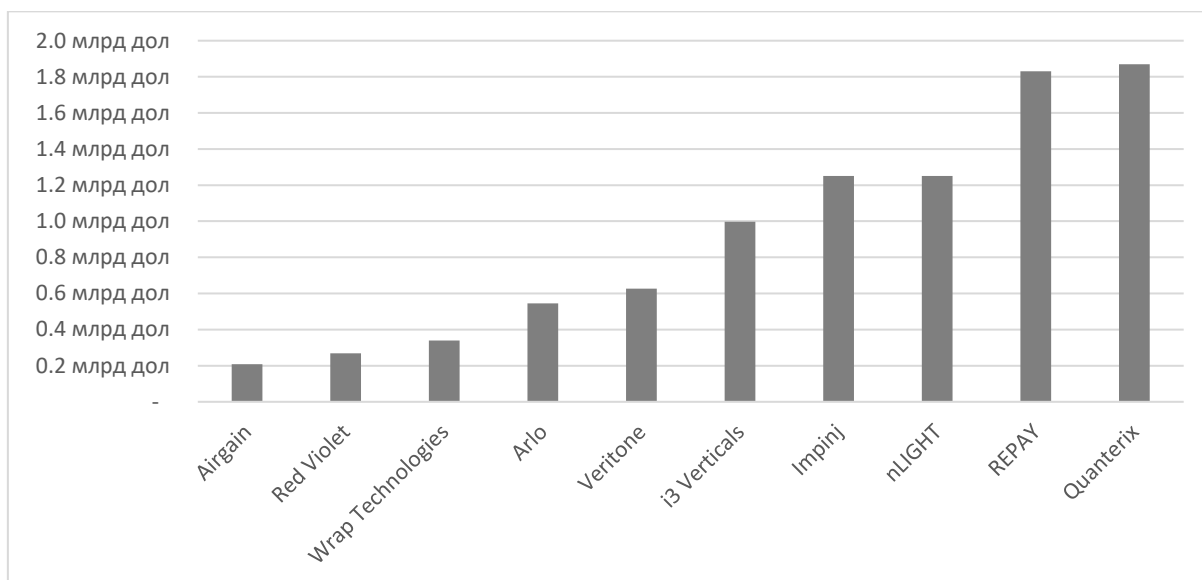


Рис. 3.5. Ринкова капіталізація 10и найменших компаній вибірки

Джерело: створене автором на основі даних [25].

Серед найбільш перспективних середніх компаній:

- Airgain – це постачальник вбудованих продуктів, пов'язаних з радіо антенами, підтримкою інтеграції та тестовими послугами для домашніх бездротових пристроїв (наприклад, системи «Розумний будинок»).

- Arlo – це компанія, яка забезпечує системи безпеки та відеоспостереження для приватних будинків.

- Veritone – компанія зі сфери штучного інтелекту, яка займається створенням застосунків по впровадженню систем розпізнавання зображень і голосу для швидкої відповіді систем роботів.

Ці компанії, незважаючи на невеликі розміри доволі швидко розвиваються, а їхні продуктові лінійки мають розширюватись в другій половині 2021, що забезпечить подальший ріст компаній, і, відповідно, їх акцій. Крім цього, з цього списку вирізнялась компанія Veritone, яка змогла вирости в більше, ніж у 8 разів за 1 рік (рис. 3.6)

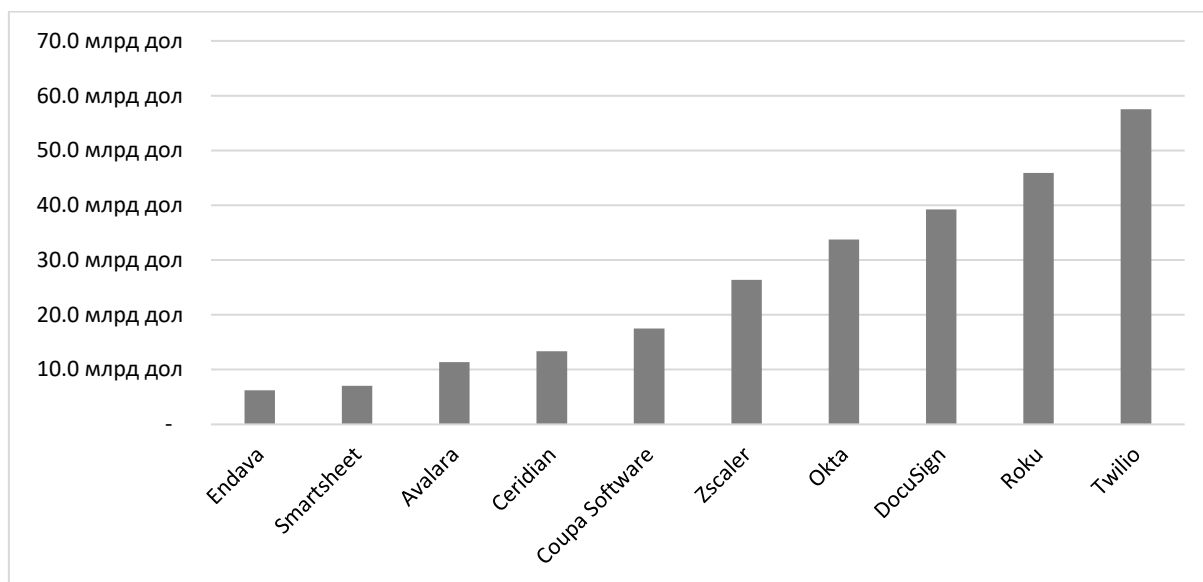


Рис. 3.6. Ринкова капіталізація 10и найменших компаній вибірки

Джерело: створене автором на основі даних [25].

З іншого боку, присутні доволі великі компанії, які в цьому портфелі виконуватимуть роль стабілізаторів. За 3-4 роки на біржах, вони показали значний ріст і, закріпившись в своїх сегментах, забезпечують сталий ріст власних акцій. Найяскравішими прикладами є:

Twilio – компанія з категорії хмарних комунікаційних систем, що займається стандартизуванням онлайн мов для озвучування написаного тексту через VoIP, месенджери та через веб-сайти за допомогою власного API.

Roku – компанія, що займається забезпечення потокового телевізійного сигналу по всьому світу.

DocuSign – це компанія, що займається запровадженням облікових систем для ведення операційної діяльності малого та середнього бізнесу.

Zscaler – компанія, що займається хмарними рішеннями в сфері кібербезпеки і допомагає забезпечити цифрову трансформацію наявних інформаційних систем у компаніях

Незважаючи на негативні фінансові результати більшості компаній у 2020 року, на біржах вони не лише швидко відновились після шоку першої половини 2020 року, а й змогли вирости на рівні з малими компаніями. Рекордсменами серед них стали компанії Zscaler, Twilio, DocuSign та Redfin (онлайн брокер нерухомості).



Рис. 3.7. Ріст акцій 30 компаній-складових моделі

Джерело: створене автором на основі даних [25].

Отже, припускається, що отримані 30 компаній можуть сформувати високодохідні портфелі з відносно високим значенням дохідності і коефіцієнтом Шарпа більшим за 2.

3.2 Розрахунок ваг інвестиційних портфелів.

Спочатку прорахуємо ваги інвестиційного портфеля за допомогою класичного алгоритма сучасної портфельної теорії методом середньо-дисперсійної оптимізації.

Для цього в програмному забезпеченні Pandas було використано бібліотеку PyPortfolioOpt (рис.3.8).

```

np.random.seed(42)
num_ports = 10000
all_weights = np.zeros((num_ports, len(df.columns)))
ret_arr = np.zeros(num_ports)
vol_arr = np.zeros(num_ports)
sharpe_arr = np.zeros(num_ports)

for x in range(num_ports):
    # Weights
    weights = np.array(np.random.random(30))
    weights = weights/np.sum(weights)

    # Save weights
    all_weights[x,:] = weights

    # Expected return
    ret_arr[x] = np.sum( (log_ret.mean() * weights * 663))

    # Expected volatility
    vol_arr[x] = np.sqrt(np.dot(weights.T, np.dot(log_ret.cov()*663, weights)))

    # Sharpe Ratio
    sharpe_arr[x] = ret_arr[x]/vol_arr[x]

max_sharpe_ratio = sharpe_arr.max()
max_sharpe_loc = sharpe_arr.argmax()
print("Max sharpe value", max_sharpe_ratio)
print("Max sharpe value location", max_sharpe_loc)

Max sharpe value 1.6162623419179294
Max sharpe value location 5550

```

Рис. 3.8. Алгоритм побудови інвестиційного портфелю по Марковіцу

Джерело: створене автором на основі [26].

Для цього було створено матрицю лог-дохідностей, створено відповідні вектори та масиви для проведення симуляції. Потім провівши симуляцію з 10 000 портфоліо, було визначено набір ваг з найбільшим показником Шарпа (рис. 3.9).

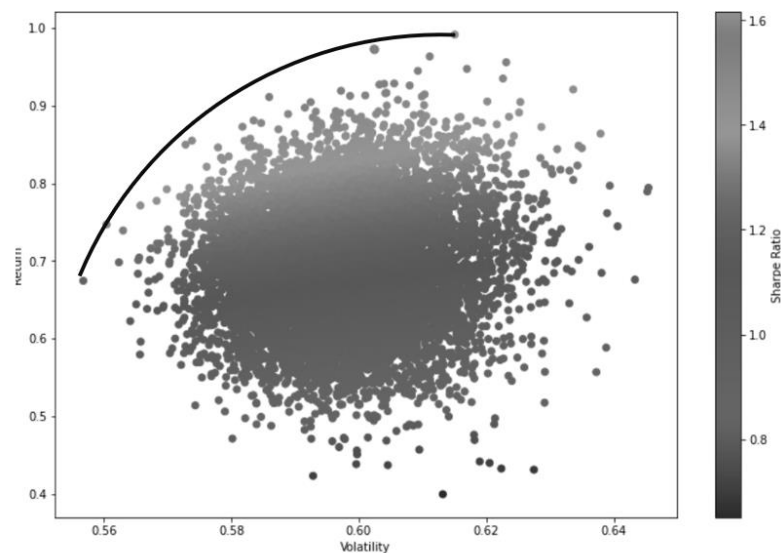


Рис. 3.9. Візуалізація симуляції інвестиційних портфелів та побудована ефективна границя (efficient frontier)

Джерело: створене автором на основі [26] та даних [25] у програмному середовищі Pandas.

Такий набір сформував портфель з дохідністю 134% та волатильністю 58%. Портфель виявився доволі диверсифікованим, адже в ньому задіяні 26 компаній з 30и.

Найбільшу частку в структурі портфелю зайняли компанії Endava, DocuSign, Cardlytics, Twilio, Roku, Zscaler. Причому провівши ретроспективний аналіз поведінки портфелю за 05.2020-05.2021 можна спостерігати, що потенційна дохідність в цей період вийшла б лише на 7% меншою і склала б 127%, що майже відповідає прогнозу (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Дохідність класичного портфеля за Марковіцом при симуляції інвестиційного портфелю з травня 2020 року до травня 2021 (efficient frontier)

Джерело: створене автором на основі даних [25].

В результаті, ми отримали високодохідний портфель з високою волатильністю та коефіцієнтом Шарпа 2.32. Але, оскільки модель не враховує трансакційні витрати на купівлю та продаж кожної акції, робимо припущення, що при реальному інвестуванні дохідність портфелю впаде.

Тому, введемо для кожної складової портфелю обмеження у 1% частки вартості у портфелі. Таким чином, модель буде обирати такі варіанти портфелю, у яких ваги окремих активів більші за 0.01

При моделюванні там же методом середньо-дисперсійної оптимізації було сформовано портфель з вже значно меншими показниками: дохідністю в 68% та волатильністю в 37% (рис. 3.11).

Такий портфель є значно менш ризиковим, але показує і менший коефіцієнт Шарпа – всього 1.82.

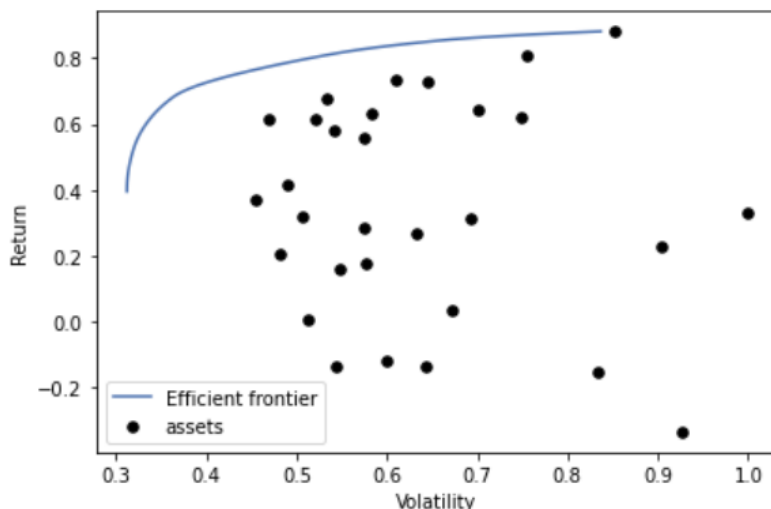


Рис. 3.10. Візуалізація симуляції інвестиційних портфелів середньо-дисперсійним методом з обмеженнями та побудована ефективна границя (efficient frontier)

Джерело: створене автором на основі [28] та даних [25] у програмному середовищі Pandas.

Дане портфоліо складається з акцій всього 9и компаній: Endava, DocuSign, REPAУ, Twilio, Avalara, Quanterix, Roku, Cardlytics, Red Violet, Zscaler, з найбільшими долями у Endava (28%), DocuSign (18%), Red Violet (19%) та Zscaler (14%).

Але разом з цим, незважаючи на спрогнозовану дохідність у 68%, просимульована дохідність портфелю з такими вагами у період з травня 2020 до травня 2021 року склала б 109% (рис. 3.12). Це пояснюється двома факторами: прогнозуванням портфелю за трьохрічним часовим рядом (в якому рік складає 252 дні), а також великим ажіотажем на компанії з категорій Хмарні технології, Автоматизаційні системи та Створення програмного забезпечення на фоні пандемії, спричиненої поширення вірусу SARS-COV.



Рис. 3.12. Дохідність класичного портфелю за Марковіцом при симуляції інвестиційного портфелю з травня 2020 року до травня 2021 (efficient frontier)

Джерело: створене автором на основі [28] та даних [25]

Наступним розглянемо прогнозування інвестиційного портфелю середно-напівдисперсійним методом. Метод, який знижує ваги для акцій з високою волатильністю як вгору, так і вниз, повинен показати меншу волатильність і вищий коефіцієнт відносно результатів середньо-дисперсійного методу оптимізації.

При застосуванні цього методу було сформовано портфель з дохідністю 50% та волатильністю 22% (рис.3.13). До нього увійшло 11 активів: Endava, Smartsheet, Canada Goose, Altair Engineering, DocuSign, REPAY, BlackLine, Airgain, Red Violet, і3 Verticals.

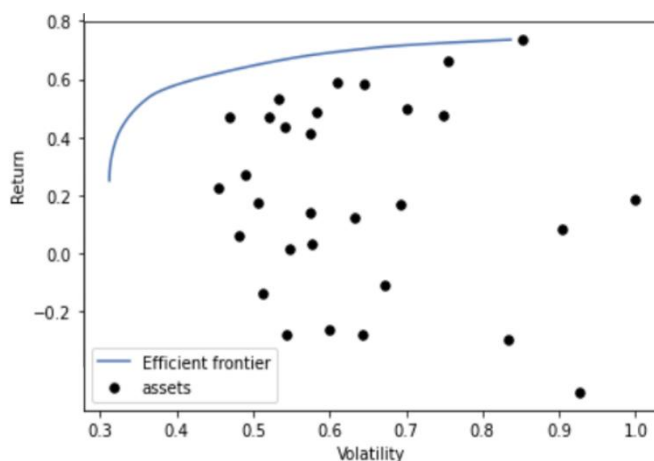


Рис. 3.13. Візуалізація симуляції інвестиційних портфелів середньо-дисперсійним методом з обмеженнями та побудована ефективна границя

Джерело: створене автором на основі [27] та даних [25] у програмному середовищі Pandas.

На відміну від попереднього портфелю, серед значних змін стали: значне збільшення ваги компанії Reraу (24%), включення до портфоліо акцій Black Line (12%) та зменшення майже вдвічі ваги Endava (з 28% до 15%). Таким чином було досягнуто дохідності в 50% річних та коефіцієнта Шарпа в 2.23.

Але разом з цим, в портфеля повторюється тенденція щодо різниці очікуваної та реальної дохідності. Так, у випадку інвестування згідно ваг даного інвестиційного портфелю, очікувана дохідність склала б 79% (рис. 3.14) через вже вказану вище поведінку акцій ключових компаній.



Рис. 3.14. Дохідність середньо-напівдисперсійного портфеля за Марковіцом при симуляції інвестиційного портфелю з травня 2020 року до травня 2021 (efficient frontier)

Джерело: створене автором на основі [27] та даних [25].

Особливістю попередніх моделей є аналіз динаміки акцій на основі лише попередніх значень. Різницею між моделями є лише наявність обмеження по вагах,

або ж алгоритм обрахування дисперсії. На відміну від попередніх, модель Блека-Літтермана є більш комплексною.

Для моделювання відповідних часових рядів, окрім історичних значень акцій, у моделі використовується також ринкова капіталізація та експертний погляд. І, якщо поняття ринкової капіталізації є очевидним для кожної акції, то у поняття експертного значення потрібно пояснити.

Для моделі Блека-Літтермана набір експертних значень дозволяє додати погляд експерта на ріст акцій в наступний період (рис.3.15). Для створення оцінок було взято середнє значення доходностей за 2018,2019, та 2020 та скореговане на коефіцієнт Бета. Для моделі це значення буде абсолютним і означатиме очікуваний інвестором ріст за 2021 рік. Відповідний вектор експертних оцінок було додано до моделі.

```
def plot_black_litterman_results(rets_bl, covar_bl, market_prior, mu):
    rets_df = pd.DataFrame([market_prior, rets_bl, pd.Series(mu)],
                           index=["Prior", "Posterior", "Views"]).T
    rets_df.plot.bar(figsize=(12, 12), title='Black-Litterman Expected Returns');
    plot_heatmap(covar_bl, 'Black-Litterman Covariance', '', '')

    corr_bl = mh.cov2corr(covar_bl)
    corr_bl = pd.DataFrame(corr_bl, index=covar_bl.index, columns=covar_bl.columns)
    plot_heatmap(corr_bl, 'Black-Litterman Correlation', '', '')

def load_mean_views(views, symbols, randomize=False, view_range=tuple=(0.0, 1.0)):
    mu = {}
    if randomize:
        import random
        import math
        for symbol in sorted(symbols):
            mu[symbol] = [random.uniform(view_range[0], view_range[1]) for i in range(int(math.sqrt(len(symbols))))]
    else:
        for symbol in sorted(symbols):
            print(f"Symbols {symbol}")
            mu[symbol] = np.array(views[symbol][:]).mean()
            print(mu[symbol])
    return mu

def load_data(OPTIONS):
    config = load_config(OPTIONS.config_path)
    symbols = sorted(config['views'].keys())
    max_lookback_years = config['max_lookback_years']
    prices = load_prices(symbols, max_lookback_years, config['price_data'], datetime.date.today(), config)
    market_prices = load_market_prices(prices, datetime.date.today())
    mkt_caps = load_mkt_caps(symbols, datetime.date.today())
    return prices, market_prices, mkt_caps, symbols, config

def calc_black_litterman(market_prices, mkt_caps, covar, config, symbols):
    delta = black_litterman.market_implied_risk_aversion(market_prices)
    print(f"Implied delta {delta}")
    market_prior = black_litterman.market_implied_prior_returns(mkt_caps, delta, covar)
    print(f"Implied market prior {market_prior}")
    mu = load_mean_views(config['views'], symbols, randomize=False)
    omega = calc_omega(config['views'], symbols)
    bl = BlackLittermanModel(covar, pi="market", market_caps=mkt_caps, risk_aversion=delta,
                             absolute_views=mu, omega=omega)
    rets_bl = bl.bl_returns()
    print("Black Litterman returns")
    print(rets_bl)
    covar_bl = bl.bl_cov()
    plot_black_litterman_results(rets_bl, covar_bl, market_prior, mu);
    return rets_bl, covar_bl
```

Рис. 3.15. Ініціалізація портфоліо методом Блека-Літтермана.

Джерело: створене автором на основі [28] у програмному середовищі PyCharm.

Зібравши необхідні дані та застосувавши програмне забезпечення PyCharm та алгоритми бібліотеки PyPortfolioOpt, вдалось отримати портфоліо Максимального Шарпа з доходністю 31% та волатильністю 12% (рис. 3.16).

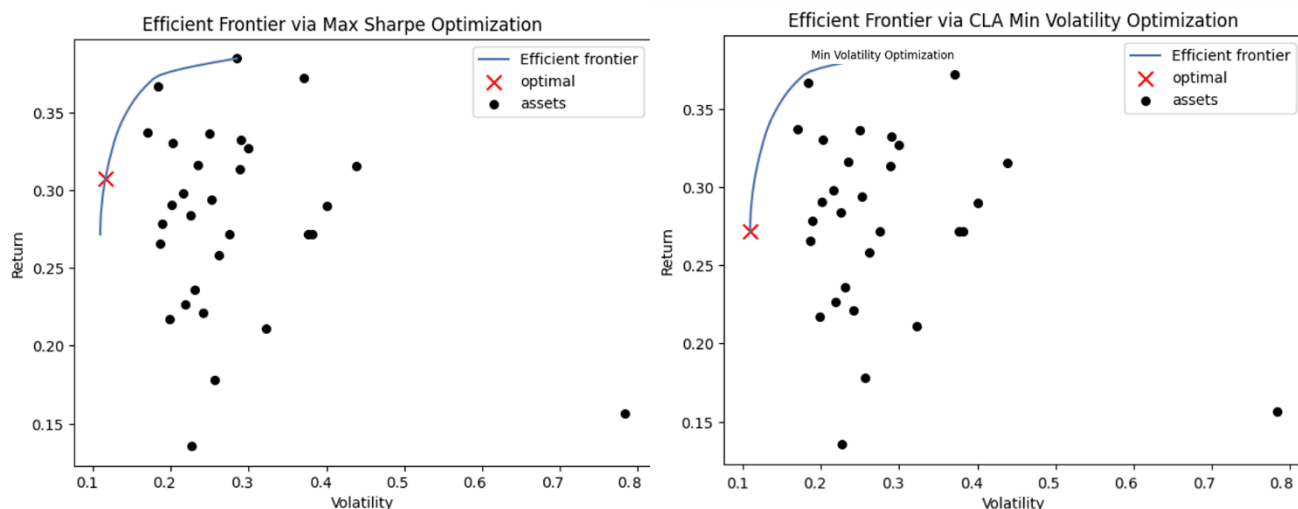


Рис. 3.16. Візуалізація симуляції інвестиційних портфельів за максимальним коефіцієнтом Шарпа та мінімальною волатильністю методом Блека-Літтермана з обмеженнями та побудована ефективна границя.

Джерело: створене автором на основі [28] та даних [25] у програмному середовищі PyCharm.

Перший портфель був сформований з 8 активів: Endava, Smartsheet, Canada Goose, REPAY, Arlo, Liberty Latin America, Red Violet, Cloudera.

В даному випадку алгоритм обрав найконсервативнішу стратегію і обрав компанії з найнижчою волатильністю, проігнорувавши компанії з дуже швидким ростом, як, наприклад Avalara, Zscaler чи i3 Verticals. Схожа ситуація з портфоліо з мінімальною дисперсією. В ньому, присутні ті самі компанії, що і в моделі максимізації коефіцієнта Шарпа за винятком компанії Endava, яка використовувалась у всіх інших портфоліо з вагами від 7% до 28%, а тут відсутня і ресурси замість неї були проінвестовані в компанії Liberty Latin America та Red Violet.

Але безумовною перевагою моделі Блека-Літтермана над іншими є отримання найвищого коефіцієнта Шарпа серед усіх отриманих моделей. Так, модель Блека Літтермана сформувала портфель з коефіцієнтом Шарпа 2.48 для портфеля, в яку даний коефіцієнт є найвищим і 2.30 для портфеля, в якому основною задачею була мінімізація ризиків.

Такі показники є надзвичайно позитивними і ці стратегії можуть зацікавити більш консервативних інвесторів.

Якщо ж говорити про історичну симуляцію поведінки портфеля, то портфель максимізації Шарпа дав 50% дохідність, а мінімізації дисперсії – 42% (рис. 3.16) Тенденція повторюється, адже у 2020 році ринок інформаційних технологій був на підйомі.

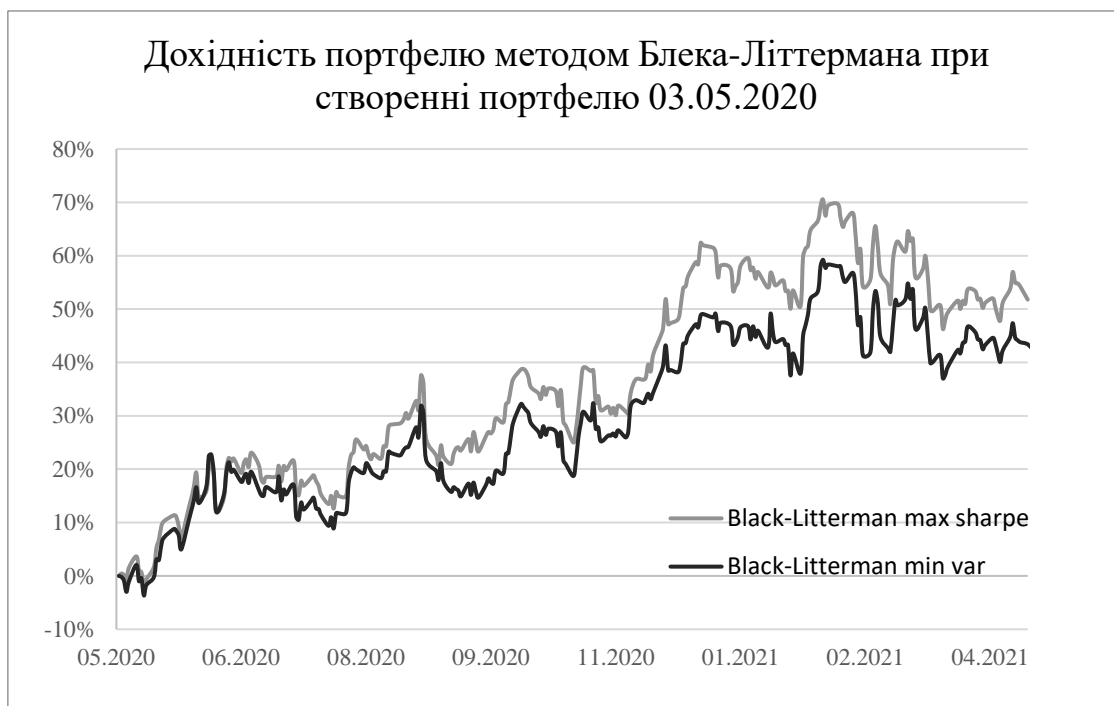


Рис. 3.17. Дохідність портфеля Блека-Літтермана при симуляції двох інвестиційних портфелів з травня 2020 року до травня 2021.

Джерело: створене автором на основі [27] та даних [25].

Отже, в результаті було проаналізовано 4 різні алгоритми формування портфелів, серед яких всі чотири показали високі показники дохідності та відносно низькі показники волатильності. Використання їх у практичному інвестуванні розглянемо далі.

3.3 Аналіз результатів та рекомендації.

Отже, незважаючи на те, що компанії, які були обрані для моделювання та є дуже динамічними на фондовому ринку, загальні показники дохідності та ризику є дуже

успішними. Це пояснюється як попереднім відбором компаній, так і подальшою оптимізацією. Крім цього, важливим елементом портфелю є диверсифікованість остаточного списку компаній. Ні одна з компаній не є прямим конкурентом іншої і залежать лише від загальних тенденцій на ринку інформаційних технологій та фондового ринку США, загалом.

Відповідно, серед чотирьох алгоритмів було отримано 5 розподілів ваг портфелів з показниками дохідності від 27% до 135%. В таблиці 3.2 можемо порівняти основні показники кожного портфелю.

Таблиця 3.4 Порівняння дохідностей відповідних компаній

Назва портфоліо	Очікувана дохідність	Волатильність	Коефіцієнт Шарпа
Класична модель Марковіца	135%	58%	2.32
Модель Марковіца з обмеженнями	68%	37%	1.82
Середньо-напівдисперсійна модель	50%	22%	2.23
Модель Блека-Літтермана (максимізація коефіцієнта Шарпа)	31%	12%	2.48
Модель Блека-Літтермана (мінімізація ризику)	27%	11%	2.3

Джерело: створене автором на основі отриманих результатів.

З отриманих результатів випливають такі висновки щодо кожної моделі:

1. Класична модель Марковіца є найбільш універсальним методом оптимізації інвестиційного портфелю. За допомогою симуляції великої кількості портфоліо можливо знайти найкраще співвідношення ризику-дохідності, яке є на ринку, але при великій кількості компаній для аналізу потрібно враховувати трансакційні витрати на обслуговування портфелю, які нівелюються лише ефектом масштабу. Інакше, очікувану дохідність потрібно буде перераховувати в гіршу сторону.

2. Модель Марковіца з обмеженням є закономірним продовженням класичної моделі, але з обмеженням по вазі портфелю. В результаті, запровадження таких обмежень прибрало найбільш ризикові інвестиції, які непропорційно

збільшували волатильність портфелю. Але разом з цим, абсолютна волатильність портфелю зменшилась.

3. Середньо-напівдисперсійна модель. Заміна класичної дисперсії на напівдисперсію дозволило домогтись меншої загальної волатильності портфелю. Це ж призвело до зменшення загальної дохідності, але це ж дозволило зменшити волатильність в більшу міру і домогтись зростання коефіцієнта Шарпа до значення 2.23.

4. Модель Блека-Літтермана. Найбільш комплексна з наявних моделей. Вона дозволила отримати найвищі показники коефіцієнта Шарпа шляхом зменшення загальних показників дохідності. Зменшивши дохідності за допомогою експертних оцінок, вона ж і зменшила волатильність майже вдвічі відносно середньо-напівдисперсійної моделі.

Загалом, кожен з цих портфелів можна пропонувати інвесторам для інвестування. Різницею є схильність кожного окремого агента до ризику. Адже, при стандартному квадратичному відхиленні в 58%, дохідність 135% є доволі високою, а стратегії розвитку компаній, які потрапили в перше портфоліо, дозволяють прогнозувати інтенсивний ріст. З іншого боку, в час від'ємних відсоткових ставок, дохідність портфеля у 30% залишається все одно прибутковим.

Тому, розглядаючи дані 5 інвестиційних портфелів, можна розглянути такі інвестиційні пропозиції:

- Портфелі 4-5 пропонувати інституційним компаніям, які потребують формування середньоризикових інвестиційних портфелів і можуть собі дозволити 11%-12% ризику.

- Портфель 3 пропонувати фізичним особам та невеликим інвестиційним фондам, які бажають збільшити дохідність свого загального портфелю, але не прагнуть отримати надприбутків.

- Портфелі 1-2 – це найбільш ризикові портфелі. Їх можна пропонувати надзвичайно ризиковим інвесторам, які готові йти на великі ризики для отримання

високого прибутку. Можливо, такий інвестор вкладав значні суми у високоризикові активи раніше.

Таким чином, основна задача даної роботи була виконана – було сформовано інвестиційний портфель з максимально можливим коефіцієнтом Шарпа і його подальше збільшення при аналізі вже зібраних часових рядів можливе лише у випадку більш позитивних експертних поглядів на поведінку компаній, взятих до аналізу.

ВИСНОВКИ

Інвестування в акції публічних компаній було і залишається одним з найбільш поширених напрямків інвестування в цінні папери, а технологічні компанії, по мірі їх росту та збільшення цифровізації населення, отримують все більший інтерес від інвесторів, як індивідуальних, так і інституційних

Отже, в роботі було досліджено питання формування інвестиційних портфелів технологічних компаній методами математичного моделювання.

В першому розділі було описано значення інвестиційного портфелю, особливості його формування та оцінки ваг.

В другому розділі було описано визначення технологічних компаній, особливості їхнього функціонування та історичного розвитку, а також тенденції розвитку галузі. Крім цього, в цьому розділі було сформовано набір з 89 компаній, які були допущені до автоматизованого відбору та подальшого моделювання

В третьому розділі було описано процес відбору інвестиційних активів для остаточного формування портфелів.

В результаті, було сформовано 5 інвестиційних портфелів з яких:

1. Один портфель методом середньо-дисперсійної оптимізації за Марковіцом
2. Один портфель методом середньо-дисперсійної оптимізації за Марковіцом з обмеженням розміру частки портфеля до 1%
3. Один портфель методом середньо-напівдисперсійної оптимізації з обмеженням розміру частки портфеля до 1%
4. Два портфелі методом Блека-Літтермана з методами максимізації коефіцієнта Шарпа та мінімізації дисперсії.

В результаті, було визначено, що найбільш ризиковим є класичний портфель за Марковіцом (методом середньо-дисперсійної оптимізації). З дохідністю в 135% та ризиком в 58% цей портфель показує доволі високий коефіцієнт Шарпа (2.32). Проте у випадку включення в модель трансакційних витрат на купівлю і продаж акцій, портфель з 26 активів буде мати значно більші трансакційні витрати, ніж інші

представлені портфелі (кількість активів від 8 до 13), що значно зменшить дохідність портфеля і, як наслідок, коефіцієнт Шарпа.

Значно менш ризиковими вийшли портфелі з обмеженнями. При зменшенні волатильності, портфелі показали і менший рівень доходності (68% та 50%, у випадку середньо-дисперсійного та середньо-напівдисперсійного з обмеженням). Але при цьому, коефіцієнт Шарпа для третьої моделі є доволі високим, що збільшує його інвестиційну привабливість з боку інвесторів.

І найбільш успішним стало моделювання портфелю Блека-Літтермана. Завдяки корегуванню статистичних річних доходностей на середні значення протягом останніх трьох років, було зроблено більш консервативний прогноз, який визначив очікуваний рівень доходності у розмірі 31% при ризику в 12%. Відповідно, завдяки цьому портфелю було знайдено таке співвідношення активів, при якому коефіцієнт Шарпа є найбільшим і становить 2.48.

З цього можемо зробити висновок, що новітні методи оптимізації портфеля дозволяють ефективніше вираховувати набори компаній та їх долі для середньо і низькоризикових активів. Але разом з цим, вони є і більш комплексними. Наприклад, модель Блека-Літтермана, окрім доходностей акцій, використовує значення експертних оцінок та поточну ринкову капіталізацію. Відповідно, ускладнюючи модель легше зробити помилку в обрахунках, а наявність суб'єктивної оцінки може призвести до когнітивних упереджень, описаних в першому розділі. Ці проблеми нівелюються класичною середньо-дисперсійною моделлю.

Тому, залежно від ризикованості інвестицій, різним видам інвесторів ми можемо запропонувати такі портфелі:

- Для високоризикових інвесторів з достатнім інвестиційним капіталом – портфель 1.
- Для інвесторів з схильністю до ризику вище середньої – портфелі 2,3.
- Для середньоризикових інвесторів – портфелі 4,5.

Низькоризикова стратегія є відсутньою при такому наборі параметрів та ризиках більше 10%.

Вдосконаленням отриманої моделі Блека-Літтермана може бути покращення формування експертної оцінки та збільшення чинників, які на неї впливають, що дозволить більш отримувати більш реалістичні результати моделювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Луців Б.Л., Кравчук І.С., Сас Б.Б. Інвестування: Підручник. Тернопіль: Економічна думка, 2014. 544 с.
2. The Standard for Portfolio Management - Fourth Edition. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2017.
3. Hopkin Paul. Fundamentals of risk management: understanding, evaluating, and implementing effective risk management. London: Kogan Page, 2014.
4. Кушлик-Дивульська О.І., Поліщук Н.В., Орел Б.П., Штабальук П.І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. с.205 – 300.
5. K. Srinivas. Process of Risk Management. *Ali G. Hessami, Perspectives on Risk, Assessment and Management Paradigms*. IntechOpen, number 5615, June, 2019.
6. O'Sullivan Arthur; Sheffrin Steven M. Economics: Principles in Action. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2003. p. 273.
7. Gary P. Brinson, L. Randolph Hood, Gilbert L. Beebower Determinants of Portfolio Performance. *Financial Analysts Journal*. July- August 1986. p. 39-44.
8. Герасименко С.С., Головач А.В., Єріна А.М. та ін. За наук. ред. д-ра екон. наук С. С. Герасименка. Статистика: Підручник, 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: КНЕУ, 2000. с. 114.
9. Markowitz Harry. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1. March, 1952. p. 77-91. URL: https://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf
10. Кузнецов Д.В. Инвестиционный менеджмент: учебник и практикум для академического бакалавриата. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 276 с. URL: <https://urait.ru/bcode/433117> (Дата звернення: 03.05.2021)
11. Black-Litterman Allocation URL: <https://pyportfoliopt.readthedocs.io/en/latest/BlackLitterman.html>

12. Шклярчук С.Г. Портфельное инвестирование: теория и практика. Киев: Нора принт, 2006. с. 63—71.
13. Vigdis Boasson, Emil Boasson, Zhao Zhou. Portfolio optimization in a mean-semivariance framework. *Investment Management and Financial Innovations*, 8(3), November, 2011.
URL: https://www.businessperspectives.org/images/pdf/applications/publishing/templates/article/assets/4193/imfi_en_2011_03_Boasson.pdf
14. Fischer Black, Robert B Litterman. Asset Allocation. Combining Investor Views with Market Equilibrium. *The Journal of Fixed Income Fall*, 1 (2) 7-18, 1991. DOI: <https://doi.org/10.3905/jfi.1991.408013>
15. Charlotta Mankert, Michael Seiler. Behavioral Finance and its Implication in the use of the Black-Litterman Model. *Journal of Real Estate Portfolio Management* Volume 18, 2012 - Issue 1, 18 Jun 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10835547.2012.12089911>
16. Damodaran A. *The Darkside of Valuation* (third edition). New York: Pearson Education, 2018.
17. Porter M. E. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors* (revised edition of 1998). New York: Free Press, 1980.
18. Statista - Technology Market Outlook URL: <https://www.statista.com/outlook/technology-outlook>
19. Koyfin: a financial data and analytics platform. 2021. URL: <https://www.koyfin.com/>
20. Nikita Duggal. Top 9 New Technology Trends for 2021. May 2021. URL: <https://www.simplilearn.com/top-technology-trends-and-jobs-article>
21. CompTIA IT Industry Outlook, research report, 2021. URL: https://comptiacdn.azureedge.net/webcontent/docs/default-source/research-reports/report--2021-comptia-it-industry-outlook.pdf?sfvrsn=18f99ffd_0
22. Vanguard Information Tech ETF (VGT) Stock Historical Prices & Data - Yahoo Finance URL: <https://finance.yahoo.com/quote/VGT/history?period1=1465430400&period2=1623196800&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=true>

23. SPDR Select Sector Fund - Techn (XLK) Stock Price, News, Quote & History - Yahoo Finance URL: <https://finance.yahoo.com/quote/XLK?p=XLK&.tsrc=fin-srch>
24. iShares U.S. Technology ETF (IYW) Stock Price, News, Quote & History - Yahoo Finance. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/IYW?p=IYW&.tsrc=fin-srch>
25. Crunchbase: Discover innovative companies and the people behind them. URL: <https://www.crunchbase.com/>
26. Global IT Services Market Outlook 2021-2026: Growing Demand for Cloud Based IT Services and Emerging Big Data Technology Driving Market Growth. April 2021. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-it-services-market-outlook-2021-2026-growing-demand-for-cloud-based-it-services-and-emerging-big-data-technology-driving-market-growth-301266766.html>
27. Finance.yahoo [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал]. – Електронні дані. URL: <https://finance.yahoo.com/>
28. Martin, R. A. PyPortfolioOpt: portfolio optimization in Python. *Journal of Open Source Software*, 6(61), 2021. 3066. URL: <https://doi.org/10.21105/joss.03066>

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Ваги отриманих портфоліо

Тікер	Класична модель Марковіца	Модель Марковіца з обмеженнями	Середньо-напівдисперсійна модель	Модель Блека-Літтермана (максимізація коефіцієнта Шарпа)	Модель Блека-Літтермана (мінімізація ризику)
DAVA	7%	28%	15%	17%	0%
SMAR	4%	0%	3%	15%	11%
GOOS	1%	0%	3%	8%	7%
ALTR	3%	0%	1%	0%	0%
VERI	4%	0%	0%	0%	0%
LASR	2%	0%	0%	0%	0%
DOCU	7%	18%	11%	0%	0%
CDAY	4%	0%	0%	0%	0%
RPAY	2%	3%	24%	33%	34%
RDFN	2%	0%	0%	0%	0%
BL	5%	0%	12%	0%	0%
TWLO	6%	3%	0%	0%	0%
RAMP	3%	0%	0%	0%	0%
OKTA	0%	0%	0%	0%	0%
WRAP	1%	0%	0%	0%	0%
ARLO	0%	0%	0%	6%	4%
AVLR	6%	1%	0%	0%	0%
QTRX	2%	2%	0%	0%	0%
ROKU	6%	5%	0%	0%	0%
CDLX	7%	7%	0%	0%	0%
LILA	2%	0%	0%	8%	23%
AIRG	6%	0%	5%	0%	5%
RDVT	3%	19%	9%	6%	12%
COUP	5%	0%	0%	0%	0%
ZS	6%	14%	11%	0%	0%
CLDR	3%	0%	0%	6%	3%
IIIV	1%	0%	7%	0%	0%
LBRT	0%	0%	0%	0%	0%
SAIL	0%	0%	0%	0%	0%
PI	4%	0%	0%	0%	0%

Джерело: створене автором на основі даних [25] і [27] у програмних застосунках Pandas і PyCharm.