

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА
Навчально-науковий інститут
«Інститут інформаційних технологій в економіці»
Кафедра математичного моделювання та статистики

Освітньо-професійна програма

Економічна кібернетика

Галузь знань

05 Соціальні та поведінкові науки

Спеціальність

051 Економіка

Форма навчання: очна (денна)

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему «Застосування моделі оцінки капітальних активів у процесах
диверсифікації портфеля цінних паперів»

здобувача Коновалової Марії Артурівни

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук,
професор Притоманова О.М.

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною комісією
з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)**

Завідувач кафедри кандидат фізико-математичних наук,
професор Великоіваненко Г.І.

Київ 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ КАПІТАЛЬНИХ АКТИВІВ.....	6
1.1 Основні поняття фінансової теорії, що використовуються у моделі оцінки капітальних активів.....	6
1.2 Вплив диверсифікації на ризик та прибутковість портфеля цінних паперів	10
1.3 Узагальнення моделі оцінки капітальних активів: модель арбітражного ціноутворення.....	14
РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ КАПІТАЛЬНИХ АКТИВІВ ДО ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВІ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ.....	28
2.1 Оцінювання параметрів моделі оцінки капітальних активів.....	28
2.2 Формування портфеля та приклади моделювання.....	36
РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ САРМ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТНОГО ПОРТФЕЛЯ.....	52
3.1 Переваги та обмеження застосування моделі САРМ для криптовалютного портфеля	52
3.2 Аналіз ризику та дохідності криптовалютного портфеля за допомогою моделі САРМ.....	54
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ВСТУП

Інвестори постійно стикаються зі складними виборами та ризиками при формуванні своїх портфельів цінних паперів. Відсутність належної стратегії може призвести до великих втрат через падіння цін на ринку, несприятливої ситуації в економіці або неправильної оцінки ризиків. В цьому контексті модель оцінки капітальних активів є корисним інструментом, адже дозволяє інвесторам приймати більш обґрунтовані рішення при формуванні та диверсифікації своїх портфельів. Диверсифікація портфеля цінних паперів дозволяє зменшити специфічний ризик, пов'язаний з окремими активами, і збалансувати загальний ризик портфеля.

Актуальність теми полягає у застосуванні моделі оцінки капітальних активів у процесах диверсифікації портфеля цінних паперів у сучасному фінансовому середовищі. Зростаюча складність та нестабільність фінансових ринків, а також зміни у глобальній економіці створюють потребу у розробці ефективних стратегій управління портфелями цінних паперів. Диверсифікація портфеля є одним з ключових інструментів для зменшення ризиків та максимізації доходності.

Під час критичного аналізу та порівняння з відомими розв'язаннями проблеми було виявлено ряд досліджень та публікацій, які започатковують розв'язання конкретної проблеми застосування моделі оцінки капітальних активів у процесах диверсифікації портфеля цінних паперів. Автори цих досліджень внесли значний науковий внесок у розвиток фінансової теорії та практики управління портфелями цінних паперів. Помітно, що деякі частини загальної проблеми залишаються невирішеними, що створює потребу у подальшому дослідженні та вдосконаленні існуючих моделей.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та застосування моделі оцінки капітальних активів у процесах диверсифікації портфеля цінних паперів з метою досягнення оптимального балансу між ризиком та доходністю.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- розкрити методологію моделі оцінки капітальних активів;
- визначити недоліки та обмеження цієї моделі;
- розробити моделі, які враховуватимуть особливості диверсифікації портфеля цінних паперів;
- перевірити ефективність розроблених моделей на реальних фінансових даних.

Об'єктом дослідження є процес диверсифікації портфеля цінних паперів та інструменти, які можуть бути застосовані в цьому процесі.

Предметом дослідження є модель оцінки капітальних активів та економетричні методи оцінки її параметрів, які допоможуть вирішити проблеми, які допоможуть вирішити проблеми диверсифікації портфеля цінних паперів.

Методи дослідження: порівняльний аналіз існуючих моделей оцінки капітальних активів, статистичний аналіз фінансових даних, методи економетричного моделювання.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- Розглянути теоретичні основи які будуть використовуватись для побудови моделі
- Провести аналіз існуючих моделей оцінки капітальних активів у процесах диверсифікації портфеля цінних паперів.- зробити аналіз та висновки на основі дослідження
- Перевірити ефективність розробленої моделі на реальних фінансових даних.

Отримані результати мають теоретико-методичне значення, оскільки вони дозволяють розробити нову модель оцінки капітальних активів, яка може бути застосована в процесах диверсифікації портфеля цінних паперів. Ця модель може бути корисною не лише для конкретної компанії чи галузі, але й для інших активів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості покращення процесу диверсифікації портфеля цінних паперів, що сприятиме збільшенню ефективності управління фінансовими ризиками та отриманню більш

високого рівня прибутку і збалансування загального ризику портфеля та втрати капіталу.

Інформаційна база дослідження, яка використовувалась для отримання основної інформації складалась із фінансових досліджень, наукових публікацій фахових журналів, та статистичних даних, розміщених на фінансових веб-сайтах.

Структура кваліфікаційної роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ КАПІТАЛЬНИХ АКТИВІВ

1.1 Основні поняття фінансової теорії, що використовуються у моделі оцінки капітальних активів

Інвестиції відіграють вирішальну роль у фінансовому світі, дозволяючи приватним особам та організаціям розподіляти свої ресурси з метою отримання прибутку в майбутньому. У широкому розумінні інвестиції - це вкладення капіталу з метою отримання доходу або збільшення його вартості з часом. Вони слугують засобом для створення багатства, забезпеченням виходу на пенсію або досягнення фінансових цілей. Основні цілі інвестування включають примноження капіталу, генерацію доходів та підтримка фінансової стабільності. Багато інвесторів прагнуть примноження власного капіталу, тобто за рахунок збільшення вартості їхніх інвестицій з часом. Це може бути досягнуто шляхом купівлі акцій компаній на довгостроковий період, які демонструють потенціал для росту або ж інвестування в перспективні проекти.

Загалом, в інвестиціях існує два основних типи стратегій: короткострокові і довгострокові інвестиції. Кожен з цих підходів має свої особливості застосування та цілі. Короткострокові інвестиції орієнтовані на короткий період часу, який може коливатись від декількох днів до кількох місяців.

Цей підхід спрямований на отримання швидкого прибутку від вкладень шляхом влучного використання короткочасних ринкових змін. Інвестори, що застосовують короткострокові стратегії, зазвичай активно торгують на фондових біржах, використовують технічний аналіз та швидко реагують на новини та події, що впливають на ціни активів. Ці інвестиції часто пов'язані зі значним ризиком, оскільки короткочасні ринкові коливання можуть бути непередбачуваними.

Довгострокові інвестиції - це такі, що передбачають тривале утримання активів з метою отримання прибутку протягом довшого періоду часу. Це можуть бути капіталовкладення в акції стабільних компаній або нерухомість для отримання додаткового прибутку. Довгострокові активи дозволяють інвесторам отримувати певну стабільність та потенційні доходи зі зростанням капіталу протягом тривалого періоду.

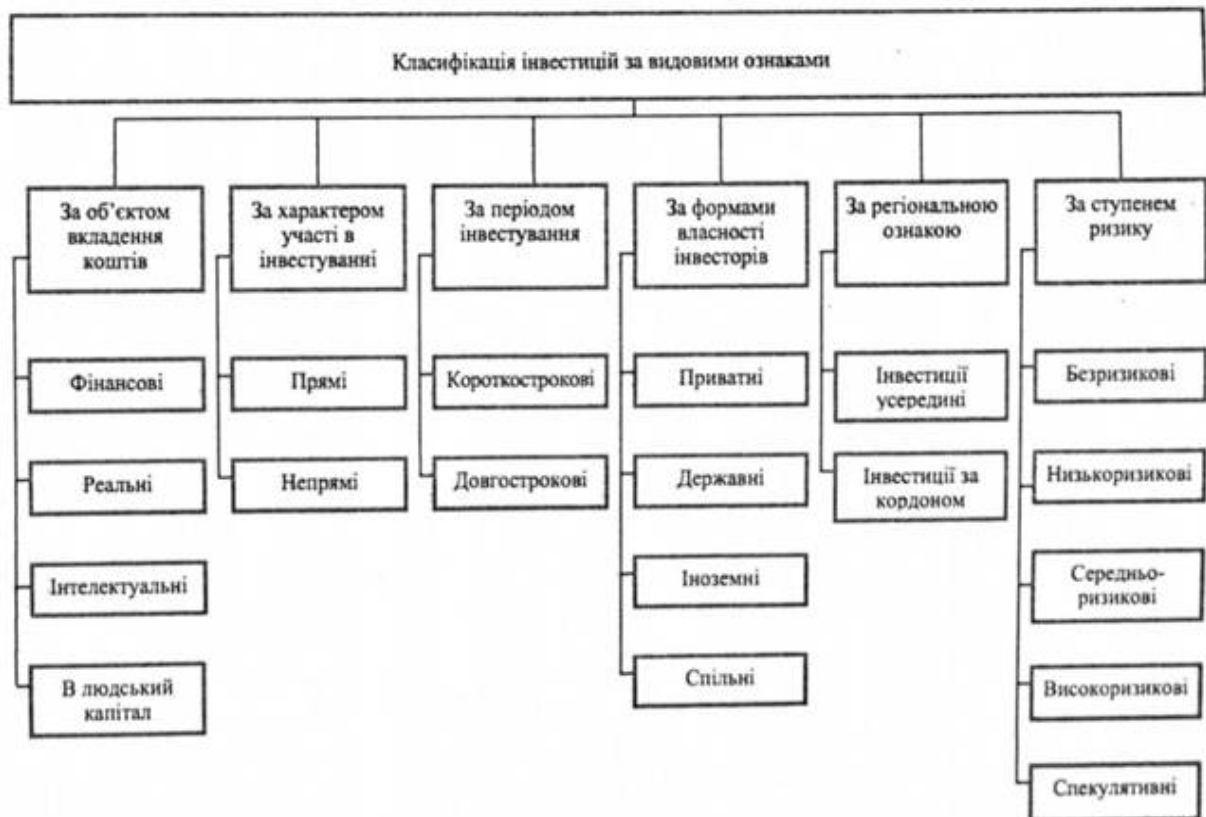


Рисунок 1.1 — Класифікація інвестицій за видовими ознаками [1].

Зі схеми вище хочу виділити для подальшого опрацювання саме фінансові інвестиції, які означають придбання активів з метою отримання доходу, примноженням капіталу або інші вигоди для інвестора. Вони включають інвестиції в різноманітні активи, значну частину яких складають вкладення у цінні папери. Також, до такого виду активів можна віднести придбання корпоративних прав, цінних паперів, деривативів та інших фінансових інструментів. Їх можна розділити на дві категорії: прямі та непрямі портфельні інвестиції.

Прямі портфельні інвестиції — це акт безпосереднього інвестування в окремі фінансові активи або цінні папери, такі як акції, облігації, нерухомість або інші. У цьому випадку інвестор самостійно на власний розсуд та ризик обирає і купує конкретні активи, виходячи зі своїх інвестиційних цілей та уподобань. Прямі портфельні інвестиції вимагають від інвестора активної участі в управлінні та моніторингу своїх вкладень. Мета саме прямих портфельних інвестицій полягає в тому, щоб інвестор безпосередньо купував частку або контрольний пакет акцій, або інших активів підприємства з ціллю отримання прибутку та зростання вартості своїх вкладень [2].

Непрямі портфельні інвестиції передбачають інвестування у фінансові інструменти, які представляють собою диверсифікований портфель активів. Тобто, замість того, щоб купувати окремі активи, інвестор вкладає кошти в інструменти колективного інвестування такі як: взаємні фонди, індексні фонди або біржові фонди. Вони об'єднують інвестиції кількох осіб і розподіляють кошти між різними активами на основі заздалегідь визначеної інвестиційної стратегії. Непрямі портфельні інвестиції пропонують інвестору доступ до диверсифікованого портфеля без необхідності індивідуального вибору активів або управління ними.

Варто виділити переваги кожної категорії щоб проаналізувати різницю. Важливо зауважити, що прямі та непрямі портфельні інвестиції пропонують різні рівні контролю та участі інвестора. Прямі інвестиції надають більше можливостей для практичного контролю та прийняття рішень, в той час як непрямі інвестиції делегують обов'язки з вибору активів та управління професійним менеджерам фондів. Обидва підходи мають свої переваги та міркування, і інвестори можуть вибрати комбінацію прямих і непрямих портфельних інвестицій, виходячи зі своїх інвестиційних цілей та уподобань щодо ризику.

Зауважимо, також на рис. 1.1 можемо побачити, що інвестиції бувають різних форм, але один конкретний тип, спекулятивні інвестиції, заслуговує на більш детальний розгляд, через притаманний їм ступінь ризику. Спекулятивні інвестиції, також відомі як високоризикові інвестиції, характеризуються потенціалом для отримання значних прибутків, але також несуть в собі підвищений

рівень невизначеності та волатильності. Для отримання доходу ці інвестиції значною мірою покладаються на: спекуляції, розрахунок ринкової кон'юнктури та очікування значних цінових коливань.

Однією категорією спекулятивних інвестицій є деривативи, включаючи опціони та ф'ючерсні контракти. Відповідно до ст. 14 п. 1 п.п. 45 Податкового кодексу України [3], визначення дериватив позначає що це є документ, який засвідчує право або зобов'язання купити чи продати у майбутньому матеріальні або нематеріальні активи, цінні папери, а також кошти на визначених ним умовах. Порядок обігу та випуску деривативів установлюється законодавством.

Крім того, спекулятивні інвестиції виходять за межі традиційних фінансових ринків. Наприклад криптовалюти, такі як Bitcoin та Ethereum, набули популярності як спекулятивні активи в останні роки. Саме ці цифрові валюти демонструють високу волатильність і можуть зазнавати екстремальних цінових коливань протягом короткого періоду часу. Інвестори, спокушені потенціалом астрономічних прибутків, можуть ігнорувати ризики, пов'язані з регуляторною невизначеністю, маніпулюванням ринком і технологічною вразливістю. Тому інвестування в криптовалюти без належного розуміння та стратегій управління ризиками може призвести до значних фінансових втрат.

Отже, спекулятивні інвестиції, пропонуючи потенціал для значних прибутків, несуть підвищений рівень ризику. Невизначеність, непередбачуваність і волатильність, які притаманні спекулятивним інвестиціям, вимагають від інвесторів обережності, ретельних досліджень і розробки відповідних стратегій управління ризиками, щоб захистити свій капітал і фінансове благополуччя.

Інвестиції також можуть бути розглянуті з точки зору портфельного інвестування. Як зазначалось раніше, портфельні інвестиції - це економічні операції, при яких інвестор придбає цінні папери, деривативи та інші фінансові активи на фондовому ринку за використання своїх коштів. Однак вони не включають операції, коли активи придбаються безпосередньо від платника податку або пов'язаних з ним осіб, у випадках, коли такі операції становлять більше 50%

загальної кількості акцій, виданих іншою юридичною особою, та відносяться до прямих інвестицій. Портфельні інвестиції включають розподіл капіталу між різними активами з метою різноманітності ризиків і максимізації потенційних доходів. Тобто базуються на принципі диверсифікації. Розподілення інвестицій між різними активами, такими як: акції, облігації, нерухомість і сировина, допомагає зменшити ризик випадкових збитків, оскільки різні активи можуть мати різну поведінку на ринку у різні періоди [4]. Тобто мати кілька якісних, не пов'язаних один з одним потоків прибутку краще, ніж лише один.

1.2 Вплив диверсифікації на ризик та прибутковість портфеля цінних паперів

Саме вплив диверсифікації є ключовим аспектом під час портфельного інвестування. Її суть полягає в розподілі капіталу між різними активами з метою зниження ризику і підвищення потенційної прибутковості.

Основний принцип диверсифікації полягає в тому, щоб не вкладати всі ресурси в один актив або одну компанію, а розподіляти їх між різними галузями чи ринками. Це допомагає знизити ризик, оскільки коливання в одному певному ринку можуть бути збалансовані стабільністю або зростанням в інших.



Рисунок 1.2 — Ризики диверсифікованого портфеля [5].

Визначення оптимального рівня диверсифікації полягає в досягненні балансу між ризиком та прибутковістю. Занадто мала диверсифікація може призвести до великого ризику, оскільки значні збитки в одному активі можуть сильно вплинути на загальний портфель. З іншого боку, занадто велика диверсифікація може призвести до незначного впливу ризику, оскільки різні активи можуть стати взаємозалежними або мати подібні ризики, що обмежує потенційну прибутковість портфеля. Оптимальний рівень диверсифікації залежить від індивідуальних цілей, ризикотерпіння та знань інвестора.

Розглянемо різні стратегії диверсифікації портфеля:

1. Диверсифікація по активам: Розподіл капіталу між різними класами активів, такими як акції, облігації, нерухомість, сировина тощо. Це дозволяє зменшити ризик, оскільки різні активи можуть реагувати по-різному на зміни ринкових умов.

2. Диверсифікація по регіонам: Розподіл інвестицій між різними регіонами або країнами. Це допомагає знизити ризик, спричинений можливою політичною нестабільністю, економічними коливаннями чи іншими факторами, які можуть вплинути на конкретний регіон.

3. Диверсифікація по галузях: Розподіл інвестицій між різними галузями або секторами економіки. Таким чином можна уникнути значного ризику, який пов'язаний зі змінами в певній галузі, оскільки вони можуть мати різну циклічність та відповідно впливати на портфель по-різному.

4. Диверсифікація інструментів: Використання різних фінансових інструментів, таких як акції, облігації, деривативи, валютні операції тощо. Таким шляхом можна підвищити потенційну прибутковість через різні способи вкладення капіталу.

Важливо враховувати, що диверсифікація не гарантує повного усунення ризику, але може допомогти мінімізувати його вплив на портфель. Інвесторам слід уважно аналізувати ринкові умови, можливі відхилення та розраховувати потенційні прибутки перед прийняттям рішення щодо диверсифікації свого портфеля. Варто враховувати також переваги та недоліки диверсифікації.

Значною перевагою є те, що диверсифікація може зробити інвестування більш привабливим для певних людей, оскільки вона заохочує досліджувати унікальні інвестиційні можливості шляхом розподілу активів. Вона також збільшує ймовірність отримання вигоди від позитивних новин у реальному часі. Замість того, щоб покладатися на сприятливі події, характерні для однієї компанії, позитивні новини, що впливають на будь-яку з декількох інвестицій, можуть мати належний вплив на загальний портфель [6].

Однак у диверсифікації є й негативні сторони, тобто певні недоліки. Управління портфелем з численними активами може забирати багато часу та ресурсів, оскільки купівля та продаж кількох активів вимагає ще й оплати певного відсотку від кожної виконаної транзакції та брокерських комісій. Більше того, стратегія диверсифікації працює в обох напрямках, зменшуючи як ризик, так і потенційну виплату. Однак у довгостроковій перспективі диверсифіковані портфелі, як правило, приносять більший прибуток, саме це розглянуто у даній таблиці.

Таблиця 1.1 — Переваги та недоліки диверсифікації портфеля

Переваги	Недоліки
Діє як хеджування від волатильності ринку	Витрати на додаткові транзакційні збори та комісії
Пропонує потенційно вищі доходи в довгостроковій перспективі	Можуть з'явитись складнощі у недосвідчених інвесторів
Зменшує загальний ризик портфеля	Вимагає більше часу та зусиль
Відкриває нові інвестиційні можливості	Обмежує короткострокові прибутки

Джерело: розроблено автором на основі [7]

З вищезазначених пунктів, можна зробити висновок, що диверсифікація є достатньо оптимальною стратегією для інвесторів, оскільки вона допомагає знизити ризик і збільшити можливості отримання доходів. Це дозволяє збалансувати портфель і забезпечити стійкість у не стійких умовах ринку. Незважаючи на обмеження короткострокового потенціалу прибутку, довгострокові

інвестори часто знаходять саме в диверсифікації ефективний спосіб досягнення стабільного та прибуткового портфеля.

Ризик, або дохідність, портфеля цінних паперів являє собою міру коливань його потенційної очікуваної прибутковості. Це вимірюється шляхом оцінки волатильності та можливості збитків або доходів, які можуть виникнути при інвестуванні в різні активи портфеля.

Загальний ризик портфеля визначається не лише індивідуальними аспектами ризиків кожного активу, але й кореляцією між цими активами. Якщо активи портфеля мають низьку кореляцію між собою, тобто їх рухи не сильно залежать один від одного, то диверсифікація може допомогти знизити загальний ризик портфеля. Коли один актив може зазнати збитків, інший актив може мати позитивний приріст, що зменшує вплив негативних подій на стан усіх інвестицій в цілому.

Прибутковість портфеля також тісно пов'язана самею з ризиком. Зазвичай, чим вищий ризик, тим вища потенційна прибутковість. Проте, існує точка, коли додаткова диверсифікація не призводить до значного зниження ризику, але може обмежити можливу очікувану прибутковість. Цю точку можна вважати оптимальним рівнем диверсифікації, де досягається баланс між ризиком та дохідністю. Оцінка та визначення оптимального рівня диверсифікації може колитися в залежності від індивідуальних обставин, цілей та моральною витривалістю кожного інвестора.

У. Шарп поділив загальний ризик цінного паперу на два типи [8]:

1. Несистематичний ризик - це ризик, який є унікальним для певної компанії або галузі. Цей тип можна диверсифікувати, інвестуючи в різні цінні папери або класи активів. Наприклад, якщо ви інвестуєте в портфель акцій, що належать до різних галузей, ви будете менш схильні до ризику будь-якої однієї галузі. Наприклад можна вкластись у зелену енергетику та тему медицини або здоров'я, також обрати ринок штучного інтелекту, таким чином диверсифікувати капіталовкладення між різними галузями.

2. Систематичний ризик - це ризик, який впливає на весь ринок. Цей тип ризику неможливо диверсифікувати. Наприклад, якщо відбувається рецесія, всі акції, ймовірно, за все, подешевшають.

Інвестори отримують компенсацію за те, що беруть на себе систематичний ризик. Це відбувається тому, що систематичний ризик, як зазначено вище у даному розділі, неможливо диверсифікувати. Несистематичний ризик, з іншого боку, можна розділити за допомогою методів диверсифікації, тому інвестори не отримують компенсації за прийняття цього типу ризику. Нижче наведено приклади:

Таблиця 1.2 — Порівняння видів ризиків

Несистематичний ризик	Систематичний ризик
Зміна керівництва	Рецесія
Судовий позов	Війна
Стихійне лихо	Зміна процентних ставок
Відкликання товару	Зміна урядової політики

Джерело: розроблено автором.

Тобто підтверджується думка, що зрозуміла різниця між несистематичним і систематичним ризиком, інвестори можуть приймати більш обґрунтовані інвестиційні рішення.

1.3 Узагальнення моделі оцінки капітальних активів: модель арбітражного ціноутворення

Інвестори все ж таки надають перевагу створенню активного портфеля цінних паперів, яким вони активно керують, з метою отримання високих доходів. Управління портфелем цінних паперів передбачає вміння ефективно формувати і працювати із набором різноманітних цінних паперів, щоб забезпечити збереження

їхньої вартості та отримання на основі них значного прибутку, незалежно від конкретного ризику [9]. Це важливий аспект інвестиційного менеджменту, де інвестори прагнуть створити та підтримувати портфель, який відповідає їхнім фінансовим цілям, толерантності до ризику та часовому горизонту інвестування.

Управління портфелем цінних паперів включає в себе різні види діяльності, в тому числі розподіл активів, вибір цінних паперів, а також його постійний моніторинг і регулярні коригування. Розподіл активів означає розподілення інвестицій між різними класами, такими як акції, облігації та еквіваленти грошових коштів. Це рішення ґрунтується на таких факторах, як профіль ризику інвестора, очікування щодо дохідності та ринкові умови.

Вибір цінних паперів передбачає визначення конкретних цінних паперів у кожному класі активів, які мають потенціал для зростання або генерування доходу. Цей процес вимагає ретельного дослідження, аналізу та оцінки таких факторів, як фінансові показники компанії, перспективи розвитку галузі та ринкові тенденції. Ефективний вибір цінних паперів має на меті виявити недооцінені цінні папери або ті, що мають потенціал для зростання в майбутньому.

Постійний аналіз і відповідне коригування портфеля є важливими для забезпечення його відповідності цілям інвестора та ринковим умовам. Це включає саме регулярний аналіз ефективності окремих цінних паперів та їх показників, оцінка внеску в загальний портфель та внесення необхідних коректив для оптимізації характеристик ризику та дохідності портфеля.

Основною метою управління портфелем цінних паперів є досягнення балансу між ризиком і прибутковістю. Інвестори прагнуть максимізувати дохідність, мінімізуючи при цьому потенційний ризик падіння. Зазвичай це досягається шляхом диверсифікації портфеля між різними галузями та географічними регіонами [10]. Диверсифікація допомагає розподілити ризик і зменшити вплив будь-якої окремої інвестиції на загальну ефективність портфеля. Іншим важливим аспектом управління портфелем є управління ризиками. Для зменшення потенційних втрат капіталовкладень можуть застосовуватися різні методи управління ризиками, такі як: встановлення стоп-лосс ордерів,

впровадження стратегій хеджування або використання деривативів. Управління ризиками гарантує, що портфель залишається в межах толерантності інвестора до ризику і захищає від несприятливих ринкових умов у будь який час.

Доцільно сказати, що управління портфелем цінних паперів - це динамічний та ітеративний процес, який передбачає ретельний розподіл активів, вибір відповідних цінних паперів, а також постійний моніторинг даних та коригування. Його метою є досягнення оптимальної прибутковості при одночасному управлінні ризиками та узгодженні з фінансовими цілями інвестора. Використовуючи ефективні стратегії управління портфелем, інвестори можуть покращити результати своїх інвестицій та орієнтуватися в складнощах фінансових ринків.

Розглянемо основні принципи вибору портфеля [11]:

1. Інвесторам подобається висока очікувана дохідність і низьке стандартне відхилення. Портфелі звичайних акцій, які пропонують найвищу очікувану дохідність при заданому стандартному відхиленні, відомі як ефективні портфелі.

2. Якщо інвестор може позичати або брати в борг за безризиковою процентною ставкою, такий один ефективний портфель є кращим за всі інші: так як цей портфель пропонує найвище відношення премії за ризик до стандартного відхилення. Інвестор, який не схильний до ризику, вкладе частину своїх грошей в цей ефективний портфель, а частину - в безризиковий актив. Якщо він, толерантний до ризику, може вкласти всі свій капітал в вищезазначений портфель або позичити і вкласти ще більше.

3. Наповнення найкращого ефективного портфеля залежить від оцінок інвестора щодо очікуваної дохідності, стандартних відхилень та кореляцій. Але припустимо, що всі мають однакову інформацію та однакові оцінки. Якщо немає інших кращих даних, то кожен інвестор повинен тримати такий самий портфель, як і решта. Тепер повернімося до ризику окремих акцій. Чутливість акції до змін вартості ринкового портфеля називається бета-коефіцієнтом. Таким чином, бета вимірює граничний внесок акції в ризик ринкового портфеля. Тепер, якщо кожен володіє ринковим портфелем, і якщо бета вимірює внесок кожного цінного паперу в ризик ринкового портфеля, то не дивно, що премія за ризик, яку вимагають

інвестори, пропорційна бета-коефіцієнту. Це те, що зазначається у моделі оцінці капітальних активів.

Таким чином, вибір портфеля полягає у створенні ефективних оптимальних портфелів, які збалансують очікувану дохідність та ризики. Розглядаючи ринковий портфель та оцінюючи внесок окремих цінних паперів у загальний ризик портфеля, інвестори можуть приймати обґрунтовані рішення та прагнути досягти оптимального співвідношення між ризиком та дохідністю.

Новаторська робота Гаррі Марковіца з портфельної теорії відіграла важливу роль у створенні систематичної основи для побудови оптимальних інвестиційних портфелів. Дослідження Марковіца, опубліковане в 1952 році, зробило революцію в галузі інвестиційного менеджменту, запровадивши саме концепцію диверсифікації та ефективної межі. У ньому розкриваються ключові принципи та наслідки портфельної теорії Марковіца та її значний вплив на сучасну інвестиційну практику.

Теорія портфеля Марковіца, також відома як сучасна теорія портфеля, яка підкреслює важливість врахування як ризику, так і дохідності в процесі прийняття інвестиційних рішень [12]. Центральною концепцією портфельної теорії Марковіца є ефективна межа. Вона являє собою набір портфелів, які пропонують найвищу очікувану дохідність при заданому рівні ризику, або найнижчий ризик при заданому рівні очікуваної дохідності. Марковіц продемонстрував, що комбінуючи активи з різними характеристиками ризику та дохідності, інвестори можуть досягти оптимального розподілу портфеля вздовж ефективної межі.

Портфельна теорія Марковіца досліджує прибутковість і ризики цінних паперів, зосереджуючись на їх взаємозв'язку. Вона аналізує курс акцій, який безпосередньо впливає на дохідність. У той же час модель оцінки капітальних активів йде на крок далі, досліджуючи ринкову рівновагу та рівноважні курси, які встановлюються, коли учасники ринку будують ефективні портфелі цінних паперів згідно з портфельною теорією [13].

Оскільки ціноутворення одного цінного паперу впливає на ціноутворення іншого, рівноважні ціни мають бути встановлені синхронно і автоматично. Саме

вони є важливим елементом при визначенні премії за ризик. Такі ціни використовуються для визначення капітальних витрат при оцінці підприємств, що забезпечує об'єктивність оцінки на основі ринкових цін та ризику. Крім того, ризик-менеджмент за допомогою рівноважних цін дозволяє оцінити фонди акцій. Модель CAPM була розроблена групою вчених, такими як Джек Трейнор, Вільям Шарп, Джон Літнер і Ян Моссін, у 60-х роках. Вони доповнили портфельну теорію Марковіца і розробили таку модель, яка враховує ринкову рівновагу та ризик при формуванні ефективних портфелів. CAPM базується на припущенні, що інвестори вимагають компенсації за два типи ризику: систематичний і несистематичний. Систематичний ризик, також відомий як ринковий ризик, залежить від макроекономічних факторів і впливає на весь ринок. Несистематичний ризик, з іншого боку, є унікальним для окремих активів і може бути диверсифікований шляхом формування портфеля.

Зауважено також у проведених дослідженнях, що CAPM визначає відповідну міру ризику від загальної волатильності до недиверсифікованої частини цієї самої загальної волатильності. Ця нова міра ризику називається бета-коефіцієнт, і вона обчислює рівень систематичного ризику цінного паперу порівняно з рівнем систематичного ризику ринкового портфеля.

Використовуючи бета як відповідну міру ризику, CAPM потім визначає очікувану премію за ризик на одиницю ризику відповідно до моди. Це знову призводить до вираження очікуваної дохідності.

Щоб відобразити модель оцінки дохідності капітальних активів у графічному вигляді, потрібно почати з побудови лінії ринку капіталів у системі координат R-σ. Ця лінія показує залежність очікуваної норми прибутковості найбільш диверсифікованого ринкового портфеля цінних паперів від рівня ризику. Крім того, останнім кроком у побудові моделі CAPM є виведення прямої ринку цінних паперів на основі лінії ринку капіталів. Ця пряма показує залежність між очікуваною нормою прибутковості окремих активів, що входять до ринкового портфеля інвестицій, та рівнем їх ризиковості [14].

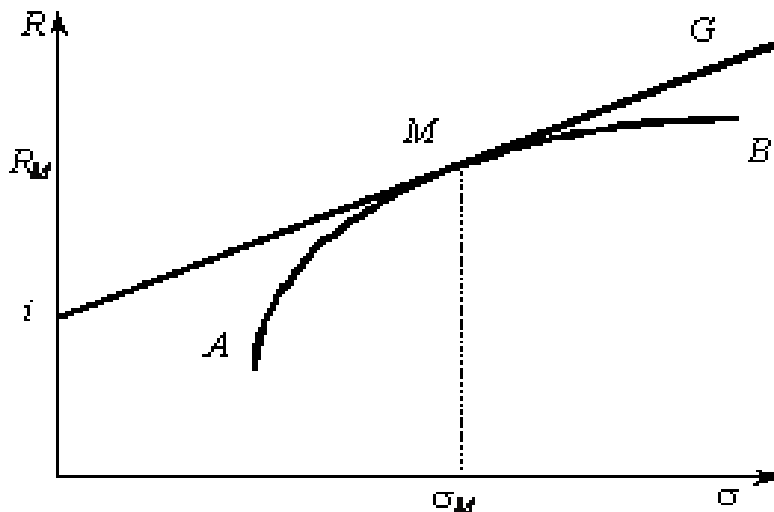


Рисунок 1.3 — Побудова моделі оцінки капітальних активів[15].

Вона дозволяє інвесторам оцінити компроміс між ризиком і винагородою та приймати обґрунтовані інвестиційні рішення. Також варто зазначити, що теорія портфеля Марковіца мала глибокий вплив на сферу інвестиційного менеджменту. А саме забезпечила кількісний підхід до побудови портфеля та розподілу активів, змінивши акцент з вибору окремих цінних паперів на загальний склад портфеля. Сучасні інвестиційні практики, такі як індексне інвестування, стратегії розподілу активів та методи управління ризиками, побудовані на принципах, встановлених Марковіцем.

Портфельна теорія Марковіца змінила уявлення інвесторів про побудову інвестиційних портфельів та управління ними. Ввівши поняття диверсифікації, ефективної межі та компромісу між ризиком і прибутковістю, Марковіц створив сувору основу для оптимізації інвестиційних рішень. Його робота не лише вплинула на академічні дослідження, але й сформувала практику професійних інвесторів, що призвело до розвитку складних методів управління портфелями. Внесок Марковіца значно просунув вперед сферу фінансів і продовжує слугувати наріжним каменем для інвестиційного аналізу та прийняття рішень і сьогодні.

Прикладом впливу моделі Г. Марковіца є Pure Alpha - це відома інвестиційна стратегія, створена Реєм Даліо, засновником Bridgewater Associates, одного з найбільших хедж-фондів у світі, він описав її у своїй книзі [16].

Даліо представив Pure Alpha як унікальний підхід до управління інвестиціями, спрямований на отримання високих прибутків при мінімізації ризиків.

Основним принципом Pure Alpha є диверсифікація інвестицій між не пов'язаними між собою потоками прибутковості. На відміну від традиційних менеджерів, які зосереджувалися на конкретних класах активів, Даліо усвідомлював важливість вибору позицій, які не мають високої кореляції, що дозволяло досягти справжньої диверсифікації портфеля. Використовуючи системний підхід, заснований на правилах, Pure Alpha намагався виявити та використати неефективність ринку в різних класах активів. Її результати суттєво вплинули на індустрію інвестиційного менеджменту, що призвело до зміни парадигми підходу інвесторів до диверсифікації та управління ризиками. Прийняття концепцій Pure Alpha зайняло певний час, оскільки стратегія кидала виклик традиційним інвестиційним практикам.

Метою Pure Alpha була генерація "альфа", яка представляє дохідність, не пов'язану із загальною ефективністю ринку. Це означало, що стратегія покладалася на здатність фонду прогнозувати і капіталізувати майбутнє зростання вартості конкретних активів, а не покладатися виключно на ринкові рухи. Зосереджуючись на альфа-прибутковості, Pure Alpha мала на меті забезпечити стабільний прибуток незалежно від ринкових умов. Однак її успіх та уроки, отримані в результаті впровадження підходу, зрештою призвели до ширшого визнання [17].

Також у сфері інвестиційного аналізу та управління портфелем цінних паперів модель оцінки капітальних активів є архіважливою. Ця модель спирається на декілька важливих припущень для отримання очікуваної дохідності [18].

По-перше, припускає, що інвестори є раціональними і не схильними до ризику, прагнучи максимізувати свою корисність. По-друге, припускається, що всі інвестори мають доступ до однакової інформації і приймають інвестиційні рішення виключно на основі ризику та дохідності. І, нарешті, припускається, що не існує трансакційних витрат, податків або обмежень на запозичення чи кредитування за безризиковою ставкою. Модель припускає, що дисперсія дохідності є адекватною

мірою ризику. Дійсно, ризик у фінансових інвестиціях - це не дисперсія сама по собі, а ймовірність втрат: він є асиметричним за своєю природою, як і в альтернативній моделі ціноутворення активів, що ставить безпеку на перше місце. Ці припущення наведені в табл. 1.3:

Таблиця 1.3 — Припущення, передбачені CAPM

Припущення	Пояснення
Раціональні інвестори	Наприклад, вони не купують ризиковані цінні папери та не приймають інвестиційні рішення на основі емоцій.
Ринки ідеальні	Немає ніяких транзакційних комісій, обмежень на короткі продажі, інфляції та податків, що стягуються з інвесторів.
Бета-коефіцієнт єдина міра ризику	Рівень систематичного ризику цінних паперів вимірюється лише через бета-коефіцієнт кредитного плеча.
Інвестори можуть позичати/кредитувати і необмежену кількість коштів	Фінансові установи надають інвесторам необмежені кошти.
Ринки перебувають у рівновазі	Інвестори не впливають на вартість цінних паперів на фондовому ринку. Вони лише беруть інвестиції за ціною, доступною на ринку.
Диверсифіковані інвестори	Всі інвестори прагнуть диверсифікувати свій портфель на різні види цінних паперів з різним рівнем ризику та доходності
Рівний доступ до інформації	Всі інвестори мають повне уявлення про ринок та цінні папери, в які вони інвестують. Крім того, кожен інвестор має інформацію про все, що відбувається на фондовому ринку.
Активи можна поділити	Всі активи в портфелі легко купуються і продаються на відкритому ринку, і їх можна розділити на дрібні частини.

Джерело: розроблено автором на основі [19].

Із таблиці слідує, що припущення, на яких ґрунтується CAPM, є ще одним недоліком CAPM та її корисності для інвесторів. Розглянемо ці припущення детальніше:

Інвестори мають широкий спектр очікувань і використовують різні інвестиційні стратегії для досягнення своїх фінансових цілей. Однак на їхні інвестиційні рішення впливає низка факторів, які впливають на загальну

прибутковість. Ці фактори включають збори, податки та вплив інфляції, і всі вони можуть суттєво вплинути на прибутковість їхніх інвестицій. Одним з помітних аспектів поведінки інвесторів є схильність діяти ірраціонально та приймати емоційні інвестиційні рішення. Така поведінка часто призводить до того, що інвестори ігнорують потенційну прибутковість та пов'язані з нею ризики свого інвестиційного вибору. Як наслідок, їхні інвестиційні показники можуть постраждати.

У той час як дрібні транзакції окремих інвесторів можуть мати обмежений вплив на ціни акцій, кумулятивний ефект великих обсягів торгів може суттєво вплинути на ціни цінних паперів, що торгуються на ринку. Це підкреслює важливість врахування ліквідності ринку та потенційного впливу великих угод при аналізі інвестиційних можливостей.

Доступ до ринкової інформації є ще одним фактором, який диференціює інвесторів. Не всі інвестори мають рівний доступ до своєчасної та актуальної інформації про фінансові ринки. Така інформаційна асиметрія може потенційно створювати переваги для певних учасників ринку, ставлячи інших у не вигідне становище. Важливо зазначити, що хоча систематичний ризик, який зазвичай вимірюється бета-коефіцієнтом, враховується при визначенні інвестиційної прибутковості, інші форми ризику часто залишаються поза увагою. Такі фактори, як інфляція, специфічні ризики фірми та процентні ризики, не враховуються в традиційних інвестиційних моделях. Це обмеження підкреслює потребу в більш комплексних системах оцінки ризиків, які б давали більш точну картину інвестиційних можливостей.

Підсумовуючи, можна сказати, що інвестори стикаються з різними проблемами та міркуваннями при управлінні своїми портфелями. Розуміння впливу зборів, податків, інфляції, ірраціональної поведінки, ліквідності ринку, лімітів на запозичення і кредитування, інформаційної нерівномірності, обмежень диверсифікації та можливостей традиційних моделей ризиків має вирішальне значення для прийняття зважених інвестиційних рішень і максимізації прибутків.

Вище зазначено, що згідно із CAPM, очікувана дохідність активу визначається його бета-коефіцієнтом та безризиковою ставкою дохідності, але центральне місце в CAPM займає поняття бета, яке вимірює чутливість активу до змін на ринку в цілому. Бета кількісно вимірює систематичний ризик активу і вказує на його внесок у ризик добре диверсифікованого портфеля. Активи з бета-коефіцієнтом більше 1 вважаються більш волатильними, ніж ринок, тоді як активи з бета-коефіцієнтом менше 1 є відносно менш волатильними [20].

-З припущень моделі (табл. 1.3) витікає, що інвестори не схильні до ризику і вимагатимуть більшої дохідності за вищий рівень систематичного ризику. Включаючи бета-коефіцієнт у рівняння, CAPM дозволяє інвесторам оцінити привабливість активу відносно його ризику. Очікується, що активи з вищим бета-коефіцієнтом забезпечать вищу дохідність, щоб компенсувати додатковий ризик, який вони несуть. І навпаки, активи з нижчим бета-коефіцієнтом, як очікується, принесуть нижчу дохідність через їхню меншу чутливість до ринкових змін.

Щодо графіку самої моделі, побудова лінії ринку капіталу та лінії ринку цінних паперів ще більше ілюструє взаємозв'язок між очікуваною дохідністю та ризиком. SLM відображає компроміс між ризиком та дохідністю для добре диверсифікованого портфеля ризикових активів та безризикового активу. Вона забезпечує графічне представлення оптимального співвідношення портфеля між ризиковими та безризиковими активами [21].

З іншого боку, пряма ринку цінних паперів відображає взаємозв'язок між очікуваною дохідністю активу та його бета-ставкою в рамках CAPM. Лінія ринку цінних паперів виводиться з лінії ринку капіталу і слугує орієнтиром для оцінки того, чи є актив переоціненим або недооціненим відносно його систематичного ризику. Активи, що знаходяться вище SLM, вважаються недооціненими, а ті, що нижче – переоціненими [22].

Доцільно зазначити, що CAPM має багато застосувань в інвестиційному аналізі та управлінні портфелем. Саме допомагає визначити відповідну необхідну ставку дохідності для активу, підказуючи інвесторам як оцінити його потенційну привабливість. Крім того, вона є орієнтиром для оцінки ефективності

інвестиційних портфелів та окремих активів, що дозволяє визначити найкращі інвестиційні можливості. Незважаючи на широке використання, розглянута модель стикається з критикою та обмеженнями. Дехто стверджує, що припущення CAPM про лінійний зв'язок між бета-ставкою та очікуваною дохідністю може бути невірним за будь-яких ринкових умов.

Модель оцінки капітальних активів зробила значний внесок у сферу інвестиційного аналізу та управління портфелем. Включаючи систематичний ризик через концепцію бета, CAPM надає інвесторам основу для оцінки очікуваної дохідності активу. Незважаючи на свої обмеження, залишається цінним інструментом для розуміння взаємозв'язку між ризиком і дохідністю та прийняття інвестиційних рішень. Будучи основою сучасних фінансів, дана модель продовжує формувати спосіб, у який інвестори аналізують та оцінюють інвестиційні можливості.

Реальне застосування CAPM для інвесторів викликає занепокоєння через його сумнівні припущення та покладання лише на бета-коефіцієнт як міру ризику, який може не охоплювати всі форми ризику. Також для покращення оцінки та пояснення дохідності фондового ринку досвідченим інвесторам варто розглянути можливість використання більш досконалих багатофакторних моделей, таких як модель теорії арбітражного ціноутворення або багатофакторні моделі Фама та Френча [23].

У 1990-х роках Фама і Френч поставили під сумнів повноту моделі оцінки капітальних активів і запропонували трифакторну модель як її розширення. Ця нова модель зберегла фактор ринкового ризику з CAPM, але також ввела фактори ризику розміру та вартості. У 2005 році Кеннет Лам провів дослідження для порівняння трифакторної моделі Fama-French та CAPM, щоб визначити, яка модель є кращим інструментом ціноутворення. У дослідженні було використано низку часових рядів та перехресних тестів для обох моделей. Однак результати виявилися непереконливими через кілька зовнішніх факторів, включаючи обраний період часу, тип тестів, що використовувалися, та кількість портфелів, що розглядалися в кожному тесті. Зокрема, F-тест відкинув трифакторну модель, тоді як T-тест Фама-

Макбета підтримав CAPM. Хоча трифакторна модель продемонструвала більшу пояснювальну силу для змінної ризику порівняно з її попередницею, не було достатньо конкретних доказів, щоб стверджувати, що трифакторна модель є кращою за CAPM [23].

Фама та Френч провели регресійні тести на перехресних зрізах та часових рядах, щоб дослідити модель ціноутворення на капітальні активи. Їхні тести мали на меті визначити лінійний зв'язок між дохідністю активів та систематичним ризиком і дійшли висновку, що цей зв'язок дійсно є лінійним. Вони також виявили, що ринковий проксі-портфель є ефективним при використанні різних версій CAPM. Однак у наш час ця модель відійшла на другий план через усвідомлення того, що на дохідність інвестицій впливає більше, ніж просто систематичний ризик. В результаті з'явилися різні теорії як потенційні наступники CAPM, оскільки модель критикували як "теоретичний провал" і конструкцію, що базується на нереалістичних припущеннях.

Ці моделі включають додаткові фактори ризику, які сприяють більш точній оцінці очікуваної прибутковості інвестицій на фондовому ринку. Використовуючи їх, інвестори можуть створювати стратегічні довгострокові портфелі, які відповідають їхнім інвестиційним цілям. Тому розглянемо ще одну альтернативну модель.

Теорія арбітражного ціноутворення є альтернативною моделлю, яка забезпечує більш комплексну основу для оцінки дохідності активів. У той час як CAPM фокусується на одному факторі - ринковій бета-ставці, АРТ враховує безліч факторів, які впливають на дохідність активів [24].

АРТ припускає, що очікувана дохідність активу визначається його чутливістю до різних систематичних факторів ризику. Ці фактори ризику можуть включати макроекономічні змінні, такі як процентні ставки, інфляція та зростання ВВП, а також галузеві фактори та фактори, характерні для конкретної компанії.

АРТ припускає, що інвестори вимагають компенсації за вплив цих систематичних ризиків.

На відміну від CAPM, який базується на концепції єдиного ринкового портфеля, АРТ допускає існування декількох портфелів, які можуть забезпечити безризикові можливості для арбітражу. Згідно з АРТ, якщо фактична дохідність активу відрізняється від його очікуваної дохідності, передбаченої моделлю, інвестори можуть вдатися до арбітражу, щоб використати неправильне ціноутворення і отримати безризиковий прибуток.

Для використання АРТ у прийнятті рішень інвесторами можна зробити наступні кроки [25]:

- Визначити відповідні фактори ризику: ключові макроекономічні, галузеві та специфічні для компанії фактори ризику, які можуть вплинути на дохідність активів, що розглядаються.
- Оцінити чутливість факторів: кожного активу до визначених факторів ризику. Це можна зробити за допомогою статистичного аналізу, регресійних моделей або факторних моделей.
- Оцінити премії за факторний ризик: очікувані премії за ризик, пов'язані з кожним фактором ризику. Це можна зробити на основі історичних даних, економічних прогнозів або ринкового консенсусу.
- Обчислити очікувану дохідність: використовуємо оцінену чутливість факторів і премії за ризик, щоб розрахувати очікувану дохідність для кожного активу. Це забезпечить більш комплексну оцінку потенційної прибутковості, враховуючи вплив численних факторів ризику.
- Прорахувати інвестиційні можливості: порівнюємо очікувану дохідність різних активів на основі моделі АРТ. Інвестори можуть приймати обґрунтовані рішення, розглядаючи компроміси між ризиком і прибутковістю та обираючи активи, які відповідають їхнім інвестиційним цілям і толерантності до ризику.

Враховуючи численні фактори ризику, АРТ пропонує більш тонкий підхід до ціноутворення на активи і може надати інвесторам ширше розуміння джерел ризику та очікуваної прибутковості. Він визнає, що на ціни активів впливає ціла

низка факторів, які виходять за рамки загального ринку, що дозволяє більш точно оцінити інвестиційні можливості.

Таблиця 1.4 — Порівняння двох моделей

САРМ	АРТ
САРМ базується на портфельному попиті інвестора та аргументах рівноваги.	АРТ базується на факторній моделі дохідності та приблизних арбітражних аргументах.
Базується на компромісі між ризиком і прибутковістю.	Базується на математичній та статистичній теорії даних.
Важко знайти хороший показник ринкової дохідності.	Важко визначити приблизні фактори.
САРМ є однофакторною моделлю.	АРТ є багатофакторною моделлю.
Вимагає, щоб ринковий портфель був ефективним	У ринковому портфелі АРТ не відіграє особливої ролі.
Припускає, що розподіл ймовірностей дохідності активів є нормально розподіленим.	Не робить жодних припущень щодо розподілу прибутковості активів.

Джерело: розроблено автором на основі [24].

Щоб провести наглядний порівняльний аналіз моделі АРТ і САРМ створимо порівняльну таблицю. Тобто обидві моделі є корисними, але по суті, багато інвесторів надають перевагу однофакторній моделі САРМ, а не більш складній АРТ, яка вимагає від користувачів кількісного врахування багатьох факторів.

На основі проведеного аналізу літературних джерел розглянемо можливість застосування моделі оцінки капітальних активів, щоб сформувати портфель за допомогою економетричних методів.

РОЗДІЛ 2

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ КАПІТАЛЬНИХ АКТИВІВ ДО ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВІ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ

2.1 Оцінювання параметрів моделі оцінки капітальних активів

Оцінка параметрів є важливим кроком у впровадженні моделі оцінки вартості капітальних активів та розумінні взаємозв'язку між дохідністю активів і ринковим ризиком. CAPM забезпечує основу для розрахунку очікуваної дохідності на основі систематичного ризику, який вимірюється бета-коефіцієнтом. Опишемо процес оцінки параметрів CAPM та обговоримо його значення в інвестиційному аналізі.

Першим параметром, який оцінюється в CAPM, є безризикова ставка дохідності (R_f). Безризикова ставка та модель оцінки капітальних активів є взаємопов'язаними поняттями, які відіграють важливу роль у сфері фінансів [25]. Безризикова ставка являє собою дохідність інвестицій без ризику, якими зазвичай вважаються державні облігації або казначейські векселі або облігації, які вважаються такими, що мають незначний ризик дефолту. Вона слугує орієнтиром, за яким інвестори оцінюють очікувану дохідність ризикованих активів. Оцінка безризикової ставки передбачає аналіз відповідних процентних ставок та ринкових умов для визначення відповідного значення.

Безризикова ставка слугує для інвесторів орієнтиром для визначення того, чи забезпечує інвестиційна можливість адекватну премію за ризик. Якщо очікувана дохідність, розрахована за допомогою моделі CAPM, нижча за безризикову ставку, це свідчить про те, що інвестиція може недостатньо компенсувати рівень систематичного ризику, пов'язаного з нею. З іншого боку, якщо очікувана

дохідність перевищує безризикову ставку, це свідчить про те, що інвестиція пропонує вищу потенційну дохідність, співмірну з пов'язаним з нею ризиком.

Крім того, безризикова ставка також слугує компонентом для розрахунку вартості власного капіталу для компанії. Вартість власного капіталу - це дохідність, яку вимагають інвестори, щоб утримувати акції компанії. Включаючи безризикову ставку в розрахунок вартості власного капіталу, модель CAPM допомагає визначити відповідну ставку дисконтування для майбутніх грошових потоків, що сприяє прийняттю інвестиційних рішень та процесам оцінки.

Другим параметром є бета (β) активу. Бета вимірює чутливість дохідності активу до змін у загальній ринковій дохідності. Як зазначалось у першому розділі - Бета, що дорівнює 1, вказує на те, що дохідність активу рухається відповідно до ринку, тоді як бета, більша за 1, вказує на вищу волатильність, а бета, менша за 1, вказує на нижчу волатильність [26].

Г. Марковіц був новатором у використанні бета-коефіцієнтів як міри недиверсифікованого ризику. Ці коефіцієнти виводяться шляхом вивчення лінійного зв'язку між дохідністю певного активу або інвестиції та середньоринковою дохідністю на ринку, на якому цей актив працює. Наприклад, такий аналіз можна провести між прибутковістю акцій компанії та середньою прибутковістю фондової біржі, на якій ці акції котируються, або між прибутковістю певного підприємства чи сектору промисловості та середньою прибутковістю всієї галузі. Важливо зазначити, що значення бета-коефіцієнта залежить від його співвідношення з еталоном, який використовується в розрахунках. Зазвичай використовується індекс S&P 500, який має бета-коефіцієнт 1,0. Якщо бета-коефіцієнт акції перевищує 1, це означає, що очікується, що вона демонструватиме більш значні цінові коливання, ніж ринок в цілому. І навпаки, якщо бета менше 1, це означає, що очікуються відносно менші цінові коливання акції порівняно з ринком.

Бета-коефіцієнт, який зазвичай використовується в моделі оцінки капітальних активів, слугує індикатором систематичного ризику або волатильності цінного паперу чи портфеля порівняно з ринком в цілому. При аналізі окремої акції

бета-дані дають інвесторам приблизне уявлення про ризик, який вона може становити для диверсифікованого портфеля. Для того, щоб отримати змістовну інформацію з бета-критерію, важливо встановити кореляцію між акцією та еталонним показником, який використовується в розрахунках. Після визначення безризикової ставки та бета-ставки можна використати рівняння CAPM для розрахунку очікуваної дохідності активу.

Формула використовується в моделі CAPM для розрахунку вартості капіталу:

$$R_i = R_f + \beta_i \times (R_m - R_f) \quad (2.1)$$

де R_i - очікувана дохідність активу;

R_f - безризикова ставка дохідності;

β_i - оціночна бета активу;

R_m - очікувана дохідність ринку.

Також формулу можна представити так:

$$\beta = \frac{r \times \delta_{\psi}}{\delta_{\varphi}} \quad (2.2)$$

де β - значення бета-коефіцієнта;

r - кореляція між рівнем дохідності конкретного цінного паперу, що розглядається, та середнім рівнем дохідності інструментів фондового ринку в цілому;

δ_{ψ} - середньоквадратичне відхилення рівня дохідності для конкретних цінних паперів;

δ_{φ} - середньоквадратичне відхилення рівня доходу для інструментів фондового ринку в цілому за відповідний період, що розглядається.

Бета-коефіцієнт портфеля виходить за рамки аналізу бета-коефіцієнта окремих цінних паперів. Формула його розрахунку представлена нижче:

$$\beta_p = \sum W_i \times \beta_i \quad (2.3)$$

де W_i – значення частки цінного паперу в вибраному портфелі;

β_i – бета-коефіцієнт представлених цінних папері, а i змінюється від 1 до N ;

де N – показує кількість цінних паперів у портфелі.

Даний коефіцієнт передбачає розрахунок середньозваженого значення всіх бета-коефіцієнтів, пов'язаних з цінними паперами, що входять до певного портфеля. Враховуючи диверсифікацію та розподіл активів у портфелі, бета-коефіцієнт портфеля забезпечує комплексну оцінку його загального систематичного ризику по відношенню до ринку. Ця інформація допомагає інвесторам оцінити, як ринкові зміни можуть вплинути на результати портфеля, і приймати обґрунтовані рішення щодо управління ризиками та розподілу активів.

Обґрунтування значень бети [27]:

- Коли коефіцієнт бета дорівнює 1, це означає, що цінний папір або портфель має такий самий рівень систематичного ризику, як і ринок в цілому. Бета-коефіцієнт, що дорівнює 1, означає, що ціна цінного паперу має тенденцію рухатися у відповідності з ринком. Іншими словами, якщо ринок змінюється на 1%, очікується, що ціна цінного паперу також зміниться в середньому на 1%. Коефіцієнт бета, що дорівнює 1, свідчить про те, що дохідність цінного паперу загалом синхронізована з дохідністю ринку, що вказує на помірний рівень волатильності. Такі цінні папери вважаються такими, що мають "нейтральний" профіль ризику з точки зору їх кореляції з ринком.

- Коли коефіцієнт бета більше 1, це означає, що портфель має вищий рівень систематичного ризику порівняно з ринком в цілому. Також ціна цінного паперу має тенденцію до більшої волатильності та потенційно може зазнавати більших коливань, ніж ринок в цілому. Цінні папери з бета-коефіцієнтом більше 1 вважаються більш чутливими до ринкових змін. Якщо ринок змінюється на 1%, очікується, що цінний папір з бета-коефіцієнтом більше 1 продемонструє більшу відсоткову зміну, посилюючи як висхідні, так і низхідні рухи. Інвестори часто інтерпретують бета-коефіцієнт, більший за 1, як показник вищої потенційної прибутковості, але також і вищого ризику. Такі цінні папери зазвичай асоціюються з більш агресивними або орієнтованими на зростання інвестиційними стратегіями. Інвесторам важливо ретельно оцінювати та управляти підвищеним ризиком, пов'язаним з володінням цінними паперами з бета-коефіцієнтом більше 1.

- Коли коефіцієнт бета менше 1, це означає, що цінний папір або портфель має нижчий рівень систематичного ризику порівняно з ринком в цілому. А саме ціна цінного паперу має тенденцію до меншої волатильності і зазнає менших коливань, ніж ринок в цілому. Такі активи з бета-коефіцієнтом менше 1 вважаються менш чутливими до ринкових змін. Якщо ринок змінюється на 1%, очікується, що цінний папір з бета-коефіцієнтом менше 1 продемонструє меншу відсоткову зміну, що свідчить про відносно меншу волатильність. Інвестори часто інтерпретують бета менше 1 як показник нижчого ризику. Ці інвестиції зазвичай асоціюються з більш консервативними або захисними інвестиційними стратегіями. Вважається, що вони пропонують потенційне хеджування від ринкових спадів і забезпечують більшу стабільність портфеля.

Однак важливо зазначити, що бета-коефіцієнт нижче 1 не гарантує безризикової або від'ємної прибутковості. Він просто означає нижчий ступінь волатильності та чутливості до ринкових змін. Інвестори все одно повинні враховувати інші фактори, такі як фундаментальний аналіз, специфічні ризики компанії та загальну диверсифікацію, оцінюючи цінні папери з бета-коефіцієнтом менше одиниці [28].

- Коефіцієнт бета менше 0 означає, що цінний папір або портфель має негативну кореляцію із загальним ринком. Ціна такого активу має тенденцію рухатися в напрямку, протилежному руху ринку. Коли цінний папір має від'ємний бета-коефіцієнт, він вважається захисним активом. Він, як правило, демонструє хороші результати в періоди падіння ринку або економічного спаду, забезпечуючи потенційне хеджування від ринкових ризиків. Інвестори можуть розглядати цінні папери з від'ємним бета-коефіцієнтом як спосіб диверсифікувати свій портфель і зменшити потенційні втрати під час ринкових спадів. Однак важливо зазначити, що цінні папери з від'ємним бета-коефіцієнтом зустрічаються відносно рідко. Концепція від'ємного бета-коефіцієнта кидає виклик традиційному розумінню співвідношення ризику та дохідності, оскільки передбачає можливість отримання позитивної дохідності, коли ринок працює погано. Цінні папери з від'ємною бетою часто асоціюються з певними секторами або галузями, які мають тенденцію

демонструвати антициклічні характеристики. Наприклад, компанії в секторі охорони здоров'я або виробництві основних споживчих товарів можуть мати від'ємний бета-коефіцієнт, оскільки попит на їхні товари та послуги, як правило, залишається відносно стабільним навіть під час економічних спадів.

Інвестори, які розглядають цінні папери з від'ємним бета-коефіцієнтом, повинні ретельно оцінити свої інвестиційні цілі, толерантність до ризику та загальну стратегію портфеля [29]. Хоча ці цінні папери можуть забезпечити потенційний захист від падіння, вони також можуть мати нижчу прибутковість у періоди зростання ринку. Диверсифікація між різними класами активів та ретельне дослідження мають вирішальне значення при включенні цінних паперів з від'ємною бета-ставкою в інвестиційний портфель.

Зрештою, вибір цінних паперів з бета-коефіцієнтом менше 1 буде залежати від толерантності інвестора до ризику, інвестиційних цілей і бажаної структури портфеля. Баланс між потенційними перевагами нижчого ризику та потенційною жертвою потенційно нижчої дохідності має важливе значення для побудови добре диверсифікованої інвестиційної стратегії.

SARМ припускає, що інвестори є раціональними і несхильними до ризику, прагнучи отримати вищу очікувану дохідність за прийняття додаткового систематичного ризику. Включаючи бета-коефіцієнт, модель враховує компонент систематичного ризику, дозволяючи інвесторам оцінити відповідну компенсацію за несення цього ризику.

Розглянемо переваги та недоліки вищезазначеного коефіцієнта бета Однією з головних переваг бета-коефіцієнта є те, що він дає змогу виміряти систематичний ризик. Як зазначалось вже у першому розділі, що систематичний ризик - це ризик, який не може бути усунутий шляхом диверсифікації і притаманний ринку в цілому. Бета-коефіцієнт допомагає інвесторам зрозуміти, як певний актив або портфель, ймовірно, буде поводитися по відношенню до ринку.

Ще однією перевагою бета-коефіцієнта є його простота і зручність у використанні. Розрахунок бета-коефіцієнта не вимагає складних математичних моделей або великих фінансових даних. Його можна легко обчислити,

використовуючи історичні цінові дані та базові статистичні методи. Ця простота робить бета-коефіцієнт широко доступним і часто використовуваним інструментом для інвесторів, аналітиків і портфельних менеджерів.

Крім того, коефіцієнт бета може бути корисним при формуванні та диверсифікації портфеля. Враховуючи бета-коефіцієнт окремих цінних паперів, інвестори можуть формувати портфелі з бажаним профілем ризику. Наприклад, добре диверсифікований портфель може включати активи з різними бета-коефіцієнтами, що дозволяє інвесторам збалансувати ризик і дохідність відповідно до своїх інвестиційних цілей. Бета-коефіцієнт також можна використовувати для оцінки ефективності диверсифікації, досліджуючи кореляцію активів у портфелі.

Незважаючи на свої переваги, бета-коефіцієнт має певні обмеження та недоліки, які слід враховувати. Одне з обмежень полягає в тому, що бета-коефіцієнт базується на історичних даних, які можуть неточно відображати майбутні ринкові умови. Економічна та ринкова динаміка може змінюватися з часом, що робить минулі розрахунки бета-коефіцієнта менш актуальними. Крім того, бета-тестування передбачає лінійну залежність між дохідністю активу та ринковою дохідністю, що може бути невірним у всіх ринкових умовах.

Ще одним недоліком коефіцієнта бета є його залежність від вибору ринкового індексу, який використовується як орієнтир. Різні ринкові індекси можуть давати різні значення бета-коефіцієнта для одного і того ж активу, що призводить до непослідовності в оцінці ризику. Крім того, бета-коефіцієнт не враховує всі види ризику, такі як специфічний ризик фірми, ризик процентної ставки або геополітичний ризик. Він зосереджується насамперед на систематичному ризику, ігноруючи інші важливі фактори, які можуть вплинути на продуктивність активу [30].

Крім того, на бета-коефіцієнти можуть впливати короткострокові ринкові коливання або викиди, які можуть спотворити точність оцінки ризику. Інвесторам слід проявляти обережність, покладаючись виключно на бета-коефіцієнт як міру ризику, і враховувати додаткові фактори та аналіз для прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень.

Отже, бета-коефіцієнт має низку переваг в оцінці систематичного ризику, допомагає у формуванні портфеля та є простим показником чутливості ринку. Однак важливо усвідомлювати його обмеження, зокрема, залежність від історичних даних, припущення про лінійний зв'язок і нездатність врахувати всі форми ризику. Інвестори повинні використовувати бета-коефіцієнт у поєднанні з іншими методами вимірювання та аналізу ризиків, щоб сформувати повне розуміння профілю ризику інвестиції.

Оцінка параметрів у CAPM має кілька наслідків для інвестиційного аналізу. Вона допомагає інвесторам приймати обґрунтовані рішення, надаючи кількісну оцінку очікуваної дохідності активу на основі його профілю ризику. Порівнюючи очікувану дохідність з поточною ринковою ціною активу, інвестори можуть виявити недооцінені або переоцінені активи і відповідно скоригувати свої портфелі.

Однак важливо визнати обмеження CAPM та процесу оцінювання її параметрів. Модель ґрунтується на кількох припущеннях, включаючи ефективні ринки, лінійні зв'язки між дохідностями активів та однорідні очікування інвесторів. Відхилення від цих припущень може вплинути на точність оцінених параметрів та подальшу очікувану дохідність.

Отже, оцінка параметрів є фундаментальним аспектом застосування моделі оцінки капітальних активів. Оцінка безризикової ставки та бета-ставки дозволяє інвесторам розрахувати очікувану дохідність та оцінити компенсацію за систематичний ризик. Хоча CAPM є корисною основою для інвестиційного аналізу, дуже важливо враховувати її припущення та обмеження при інтерпретації оціночних параметрів.

2.2 Формування портфеля та приклади моделювання

Формування портфеля акцій є важливим кроком у досягненні інвестиційних цілей та максимізації прибутку. Управління ризиками - ще один важливий аспект формування портфеля. Інвесторам необхідно оцінювати та управляти ризиком, пов'язаним з їхніми інвестиціями. Це включає в себе оцінку волатильності та потенційного падіння окремих акцій, а також врахування загальної толерантності інвестора до ризику. Аналізуючи фактори ризику та застосовуючи відповідні стратегії управління ризиками, такі як встановлення стоп-лосс ордерів або впровадження методів страхування портфеля, інвестори можуть зменшити потенційні збитки та захистити свої портфелі.

Один з найпоширеніших підходів базується на фундаментальному аналізі, який передбачає оцінку фінансового стану, перспектив зростання та вартості окремих акцій. Проводячи ретельне дослідження та аналіз, інвестори можуть виявити недооцінені акції з високим потенціалом зростання і включити їх до свого портфеля.

Процес формування портфеля саме з використанням моделі CAPM та диверсифікації починається з ретельного дослідження активів та аналізу ризиків. Інвесторам необхідно враховувати фінансовий стан, перспективи зростання та оцінку окремих акцій. Модель CAPM допомагає оцінити очікувану прибутковість на основі бета-ставки акції та загальної премії за ринковий ризик [31].

Далі інвестори визначають свою толерантність до ризику, інвестиційні цілі та часовий горизонт. Ці фактори відіграють вирішальну роль у визначенні стратегії розподілу активів та бажаного співвідношення ризику та доходності портфеля. Модель CAPM дає уявлення про характеристики ризику окремих акцій, що дозволяє інвесторам приймати обґрунтовані рішення, які відповідають їхнім уподобанням щодо ризику.

Крім того, диверсифікація здійснюється шляхом включення акцій з різних секторів або галузей. Це зменшує ризик концентрації та гарантує, що портфель не

буде надмірно залежним від результатів діяльності певного сектору. Географічну диверсифікацію також можна розглядати як розподіл інвестицій між різними регіонами, що ще більше знижує ризик. Необхідний регулярний моніторинг і періодичне перебалансування портфеля. Ринкові умови, результати діяльності акцій та зміни в обставинах інвестора можуть вимагати коригування складу портфеля. Модель CAPM може бути використана для виявлення будь-яких відхилень від бажаного профілю співвідношення ризику і дохідності та для здійснення необхідного перерозподілу портфеля як зазначається в [32] .

Аналіз історичних даних про акції може надати цінну інформацію та закономірності, які можуть слугувати орієнтиром при формуванні портфеля. Однак важливо проявляти обережність і використовувати історичні дані як орієнтир, а не як остаточний прогноз.

Тобто створюючи оптимальний портфель, люди, як правило, враховують два важливі фактори. По-перше, вони прагнуть диверсифікувати свої інвестиції, а по-друге, вони намагаються знайти найвигідніше співвідношення між ризиком і прибутковістю. Як правило, більш ризиковані активи, як правило, приносять більший дохід, тоді як менш ризиковані активи, такі як облігації, пропонують менший дохід.

Методологія передбачає пошук історичних цін на акції, проведення попереднього аналізу їхньої дохідності та подальше використання CAPM для оцінки очікуваної дохідності, скоригованої на ризик.

Розвідувальний аналіз даних у Python використовується для розуміння, вивчення та візуалізації даних перед застосуванням подальших аналітичних методів. При аналізі акційних даних, він може допомогти виявити цікаві тенденції, структуру даних та можливі залежності, що можуть мати вплив на ціни акцій.

Python пропонує широку екосистему бібліотек, спеціально розроблених для аналізу даних. Такі популярні бібліотеки, як Pandas, NumPy та Matplotlib надають потужні інструменти для маніпулювання даними, обчислень та візуалізації. Ці бібліотеки спрощують процес аналізу, дозволяючи ефективно очищати, попередньо обробляти та досліджувати дані. Також надають можливість візуально

досліджувати шаблони, розподіли та взаємозв'язки даних, полегшуючи розуміння складних структур даних. Гнучкість Python дозволяє налаштовувати візуалізації відповідно до ваших конкретних потреб.

Потрібно завантажити історичні дані деяких акцій щоб скласти диверсифікований портфель активів. Для цього я обрала деякі популярні акції, такі як AAPL [33], AMZN [34], GM [35]. Історичні дані акцій взяті з джерела Yahoo Finance. Обрала для подальшого аналізу період часу за останні 5 років. Важливо було завантажити кожен акцію саме із щоденним інтервалом для подальшого аналізу.

Імпортуємо також необхідні бібліотеки для подальшої роботи: pandas, matplotlib, seaborn. Для побудови графіків ми будемо використовувати пакет plotly [36].

Тепер потрібно перейти до роботи із даними. Спочатку я завантажила датасети із акціями які я відібрала для складання оптимального портфеля. Ось приклад перших п'яти рядків датасету акції AAPL за командою `.head(5)`.

```

: AAPL.head(5)
:

```

	Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume
0	2022-05-16	145.550003	147.520004	144.179993	145.539993	144.676086	86643800
1	2022-05-17	148.860001	149.770004	146.679993	149.240005	148.354141	78336300
2	2022-05-18	146.850006	147.360001	139.899994	140.820007	139.984116	109742900
3	2022-05-19	139.880005	141.660004	136.600006	137.350006	136.534729	136095600
4	2022-05-20	139.089996	140.699997	132.610001	137.589996	136.773285	137426100

Рисунок 2.1 — Перші 5 рядків даних AAPL.

Джерело: розроблено автором на основі [33].

Наступним кроком, перейменувала стовпець "Adj Close" на тикер акції для зручності. Стовпець "Date" є важливим для аналізу акцій у Python, оскільки він надає інформацію про часовий ряд цін на акції. За допомогою цього стовпця можна виконати аналіз залежності цін від часу, виявити тренди, циклічність, а також провести прогнозування майбутніх значень цін на акції.

Стовпець "Adj Close" враховує розподіл дивідендів та інших корекційних факторів у ціні акцій. Це дозволяє отримати більш точну картину руху цін на акції з урахуванням впливу коригувальних факторів.

Перейменування стовпця "Adj Close" на назву тикера акції робить дані більш зрозумілими і зручними для подальшої обробки і аналізу. Замість загального терміну "Adj Close", ми використовуємо конкретне ім'я акції, що полегшує ідентифікацію та використання даних у подальших кроках аналізу акцій.

Наступним кроком у наведеному фрагменті коду показаний новий датафрейм з ім'ям `stocks_df`, а це саме наш створений портфель із вищезазначених акцій. Розглянемо його детальніше:

```
stocks_df = pd.concat([AAPL, AMZN.drop(columns=["Date"]), GM.drop(columns=["Date"])], axis = 1)
# sort by date
stocks_df = stocks_df.sort_values(by = ['Date'])
stocks_df.head(5)
```

Рисунок 2.2 — Вибір акцій для портфелю.

Джерело: розроблено автором у програмі Python.

Функція `pd.concat()` використовується для об'єднання декількох фреймів даних по горизонталі (по стовпцях) для створення одного фрейму даних. У цьому випадку ми об'єднуємо три окремі фрейми даних: AAPL, AMZN і GM. Об'єднавши ці фрейми даних, ми можемо мати всі релевантні дані в одному датасеті, що спрощує подальший аналіз і розрахунки.

Після об'єднання кадрів даних ми використовуємо метод `drop()`, щоб видалити стовпець "Date" з кадрів даних AMZN і GM. Це робиться тому, що стовпець "Date" вже присутній у фреймі даних AAPL, а наявність кількох однакових стовпців може призвести до плутанини і надмірності в аналізі. Наступний крок, `stocks_df = stocks_df.sort_values(by=['Date'])`, сортує фрейм даних на основі стовпця "Дата" в порядку зростання. Сортування даних за датою є важливим, особливо коли ви маєте справу з даними часових рядів, таких як ціни на акції. Воно гарантує, що дані впорядковані в хронологічному порядку, що дає змогу точно аналізувати тенденції та закономірності з плином часу.

Останній рядок коду `stocks_df.head(5)` відображає перші п'ять рядків відсортованого DataFrame. Це робиться для швидкого огляду даних і перевірки того, що операція сортування пройшла успішно. Це допомагає зрозуміти структуру і вміст DataFrame, надаючи уявлення про початкові точки даних для подальшого аналізу.

	Date	AAPL	AMZN	GM
0	2022-05-16	144.676086	79.363998	34.752605
1	2022-05-17	148.354141	79.087997	34.999332
2	2022-05-18	139.984116	78.718498	34.533283
3	2022-05-19	136.534729	79.273003	34.807430
4	2022-05-20	136.773285	79.070000	34.981056

Рисунок 2.3 — Готовий датафрейм `stocks_df`.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Як ми бачимо з наведених вище результатів, кожна акція має різний діапазон процесу. Наприклад, Apple коштувала близько 144 доларів за акцію, а Amazon - близько 79.

Щоб зробити дані порівнянними, нам потрібно нормалізувати ціни, розділивши всі ціни кожної акції на її перше значення. Таким чином, перша нормалізована ціна буде дорівнювати 1, а значення вище 1 вказуватимуть на зростання ціни, тоді як значення нижче 1 - на падіння ціни.

	Date	AAPL	AMZN	GM
0	2022-05-16	1.000000	1.000000	1.000000
1	2022-05-17	1.025423	0.996522	1.007100
2	2022-05-18	0.967569	0.991867	0.993689
3	2022-05-19	0.943727	0.998853	1.001578
4	2022-05-20	0.945376	0.996296	1.006574

Рисунок 2.4 — Нормалізовані ціни акцій

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Функція `normalize_stocks` проходить по кожному стовпчику акцій у фреймі даних, за винятком першого стовпчика. Потім вона ділить значення у кожному стовпчику акцій на значення першого рядка у цьому стовпчику. Цей метод нормалізації гарантує, що всі ціни акцій відносяться до їхніх початкових значень, що дозволяє проводити змістовні порівняння та аналіз різних акцій [37].

Тобто так ми усуваємо потенційні похибки, спричинені варіаціями їхніх початкових цін. Цей крок нормалізації має вирішальне значення для аналізу портфеля, оскільки він дозволяє проводити більш точні порівняння, оцінювати ризики та розробляти стратегії оптимізації для різних акцій. Створимо графік для порівняння результатів:

```
: fig = px.line(title = "Нормалізовані ціни акцій")
# ігноруємо стовпчики часу з індексом 0
for stock in norm_stocks_df.columns[1:]:
    fig.add_scatter(x = norm_stocks_df["Date"], y = norm_stocks_df[stock], name = stock)
fig.show()
```

Нормалізовані ціни акцій



Рисунок 2.4 — Нормалізовані ціни акцій графічне зображення.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

У наведеному фрагменті коду ми використовуємо бібліотеку Plotly Express для побудови лінійного графіка нормалізованих біржових цін для портфеля акцій. Створюючи цей лінійний графік нормалізованих цін акцій, ми отримуємо уявлення про відносну ефективність кожної акції в портфелі. Це допомагає нам візуалізувати рух цін на акції в часі та виявити будь-які кореляції або розбіжності між різними акціями.

Така візуалізація є цінною для аналізу портфеля, оскільки вона надає всебічний огляд ефективності портфеля і допомагає приймати обґрунтовані інвестиційні рішення. Графік показує нам три акції протягом всього обраного періоду, так як він інтерактивний, ми можемо збільшувати або зменшувати його на власний розсуд.

Нормалізація дозволяє нам тепер порівняти результати різних акцій. Наприклад, ми бачимо, що AMZN зросла в ціні, коли ціна GM була майже однаковою наприкінці вересня 2022 року - на початку жовтня 2022 року. Значення акції коливалося від \$30.33 до \$43.63 із історичних даних [35]. Це може бути пов'язано з різними факторами, такими як попит на автомобілі, конкуренція з іншими виробниками, новини про інновації та інвестиції тощо.

Ще однією цікавою метрикою для дослідження є щоденна прибутковість акцій. Щоденна прибутковість акцій дозволяє нам спостерігати за їхніми змінами вартості з дня на день. Це дає нам уявлення про те, як акції реагують на ринкові умови, новини та інші фактори, що впливають на їхню ціну. Аналіз щоденної прибутковості дозволяє виявити тренди, волатильність та інші характеристики акційного портфеля. Нижче наведено результат аналізу:

	Date	AAPL	AMZN	GM
0	2022-05-16	0.000000	0.000000	0.000000
1	2022-05-17	2.542269	-0.347766	0.709953
2	2022-05-18	-5.641922	-0.467200	-1.331594
3	2022-05-19	-2.464127	0.704415	0.793863
4	2022-05-20	0.174722	-0.256081	0.498819

Рисунок 2.5 — Щоденна прибутковість акцій.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Аналізуючи щоденні зміни вартості акцій, ми можемо виявити періоди зі значними зростаннями або падіннями цін, а також волатильність ринку. Це допомагає нам оцінити ризик і прийняти розумні рішення щодо управління портфелем та розподілу активів. Ми можемо виявити акції, що показують стабільність та зростання, або такі, що мають велику волатильність та потенціал високого прибутку. Це надає нам інформацію для подальшого аналізу та вибору акцій для оптимізації портфеля. Для проведеного аналізу використовувалась функція `daily_return_estimator` корисна в нашому аналізі портфеля акцій на Python. Щоденні прибутки часто використовуються як вхідні змінні в методах статистичного аналізу та моделювання. Вони слугують важливими точками даних для різних методів кількісного аналізу, таких як розрахунок міри ризику, оцінка очікуваної прибутковості та побудова моделей ціноутворення.

Побудуємо кілька бокс-діаграм, щоб побачити статистику щоденної прибутковості кожної акції за даний період.

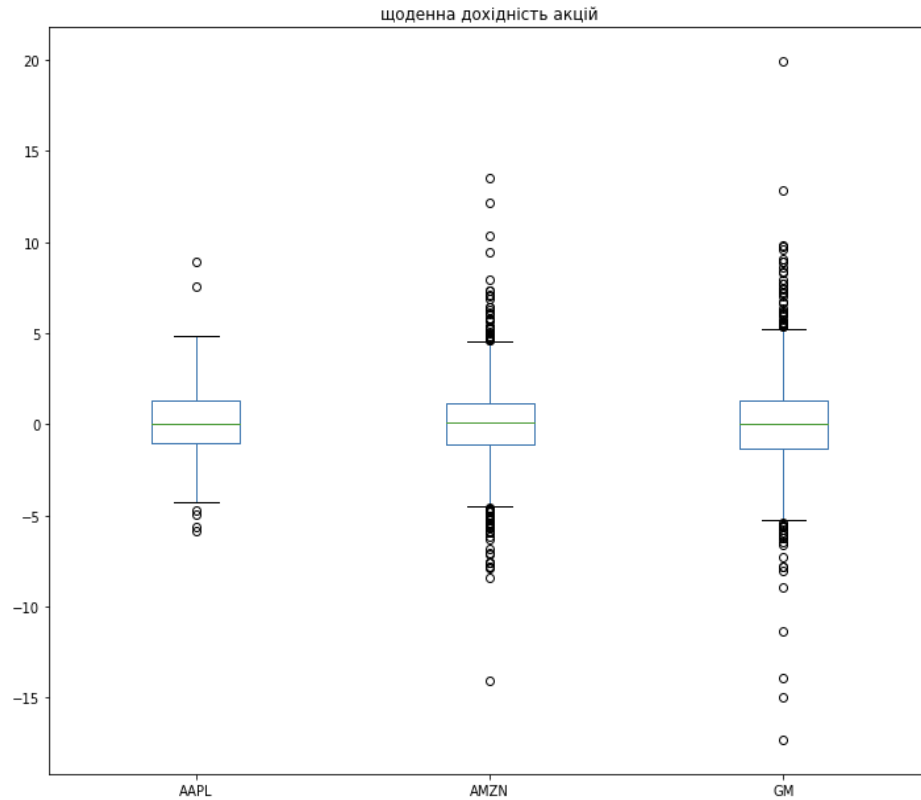


Рисунок 2.6 — Щоденна прибутковість акцій: візуалізація бокс-діаграм.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Прибутковість акцій розподілена нормально з нульовим середнім. Як ми бачимо з наведеного вище графіка, бокс-діаграма щоденної доходності AMZN не містить екстремальних значень, а мінімальна/максимальна щоденна доходність становила близько +10% або -10%, відповідно. Крім того, денна доходність зазвичай розподілена навколо 0. Також варто зазначити що гістограма забезпечує візуальне представлення частотного розподілу щоденних прибутковостей акцій у нашому портфелі. Вона дозволяє нам спостерігати форму, центральну тенденцію та розкид прибутковості. Дивлячись на гістограму, ми можемо швидко визначити, чи відповідає дохідність нормальному розподілу, чи має асиметрію або викиди.

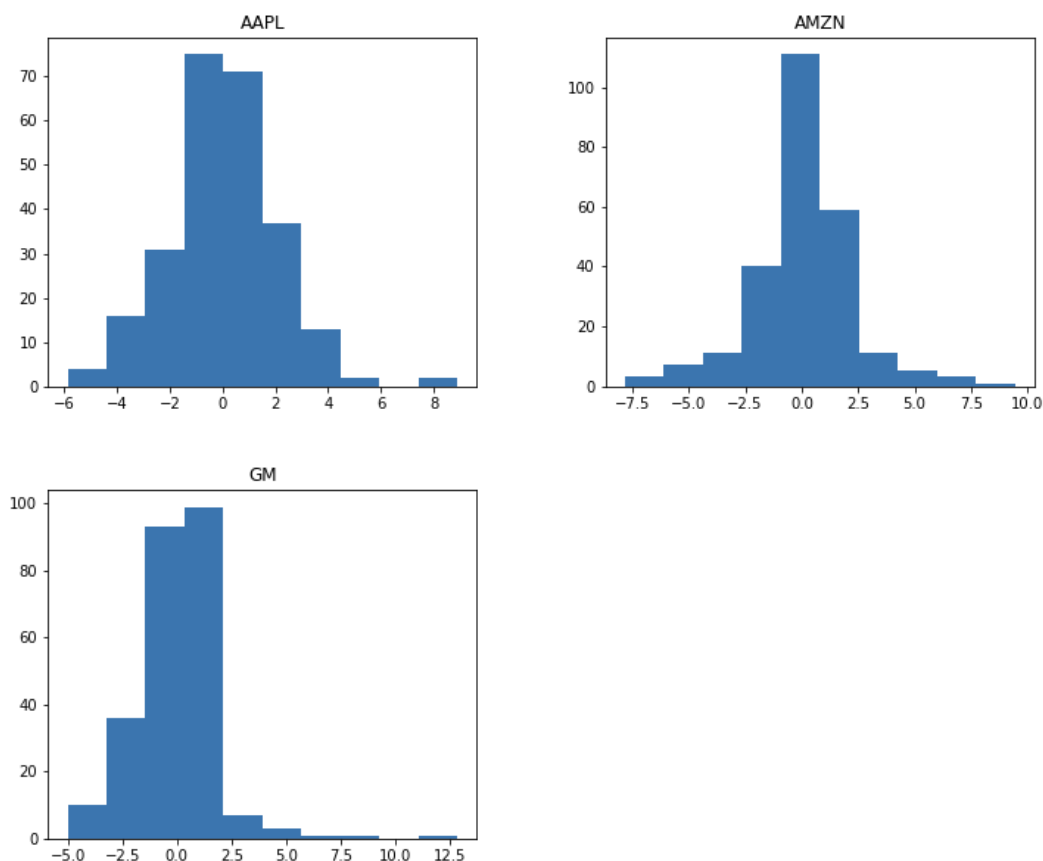


Рисунок 2.7 — Гістограма щоденної прибутковості акцій.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Гістограма допомагає нам оцінити ризик і волатильність, пов'язані з акціями в нашому портфелі. На першому та другому графіках бачимо схожий до нормального розподіл, а третій графік має лівосторонню асиметрію, тобто наша вибірка по цій змінній має більше від'ємних значень, аніж додатніх. Ми прагнемо до нормального розподілу, коли значення розподілені рівномірно відносно нуля. Якщо гістограма більш розтягнута або має ширшу форму, це свідчить про більшу мінливість щоденної прибутковості, що означає більший ризик. І навпаки, вужча гістограма свідчить про меншу волатильність і потенційно менший ризик. Аналіз форми та характеристик гістограми дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо управління ризиками та диверсифікації портфеля. Вивчаючи гістограму, ми можемо виявити будь-які закономірності або аномалії в розподілі щоденної прибутковості.

Наприклад, якщо на гістограмі є кілька піків або режимів, це може вказувати на різні режими або ринкові умови. Викиди або екстремальні значення на гістограмі можуть означати значні події або несподівані рухи ринку. Ці дані можуть допомогти нам скоригувати нашу інвестиційну стратегію або дослідити конкретні акції для подальшого аналізу. Побудова гістограм щоденної доходності для декількох акцій у нашому портфелі дозволяє нам порівняти їх розподіл між собою. Таке порівняння допомагає нам зрозуміти, як різні акції поведуться та працюють з точки зору ризику та доходності. Це може допомогти в оцінці переваг диверсифікації портфеля та визначенні акцій, які можуть доповнювати одна одну.

Тепер, коли ми підготували наші дані, нормалізувавши їх та оцінивши щоденні прибутки наших акцій, ми можемо перейти до застосування моделі CAPM для оцінки очікуваних прибутків, скоригованих на ризик.

По-перше, нам потрібно оцінити бета-коефіцієнт кожної акції. Ринок в цілому має бета-коефіцієнт 1. Акції зі значенням більше 1 є більш волатильними, ніж ринок. Бета фактично є коефіцієнтом регресії (нахилом) при регресії показників ринку від показників акцій.

Тож оцінимо його для всіх наших акцій перед тим, як застосувати модель CAPM.

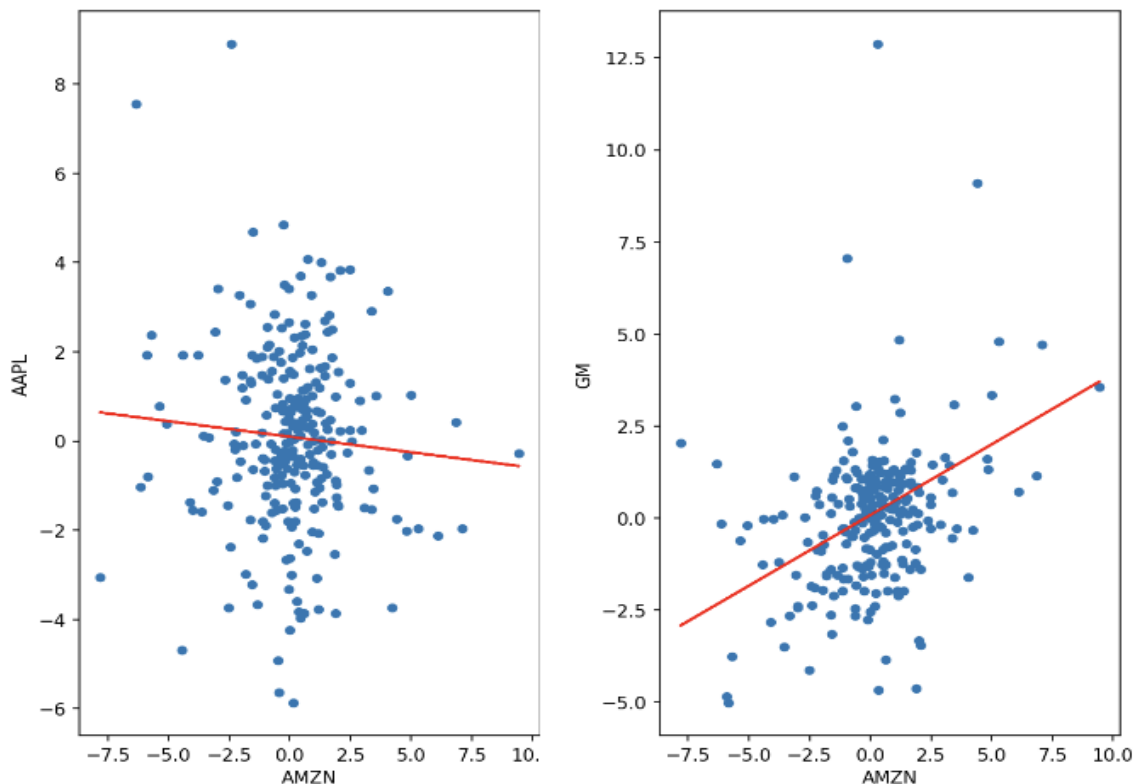


Рисунок 2.8 — Бета-оцінка: регресія між AMZN та денними показниками окремих акцій.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Побудувавши діаграму розсіювання між щоденними доходами кожної акції та показника AMZN, ми можемо візуально дослідити взаємозв'язок між цими двома змінними. Це допомагає нам зрозуміти, як дохідність окремих акцій залежить від дохідності обраного показника. Це дозволяє нам визначити, чи існує позитивна або негативна кореляція між ними, і чи є цей зв'язок лінійним. Як зазначалося раніше, бета - це спосіб вимірювання волатильності акцій порівняно з волатильністю ринку в цілому. Крім того, регресія також виводить перетин, яке називається "альфа".

Значення нахилу лінії регресії дає нам бета-значення окремої акції. Перехват лінії регресії дає нам альфа-значення акції. Альфа вказує на "надлишкову прибутковість" або "аномальну прибутковість". Тобто ми оцінили бета кожної акції, яка необхідна для оцінки CAPM, за формулою, наведеною раніше.

Розрахувавши очікувану дохідність ринку, ми отримуємо уявлення про ефективність і потенційну прибутковість нашого портфеля порівняно із загальним

ринком. Це слугує еталоном, за яким ми можемо оцінити ефективність нашого портфеля. Далі для нашого аналізу оцінимо очікувану доходність ринку (позначимо її r_m) на основі історичних даних, які ми проаналізували за 5-річний період (2016-2023). Встановимо $r_f=0$, припускаючи, що очікувана доходність ощадного рахунку становить 0% (0 ризиків). Використовуємо доходність 20-річних казначейських облігацій США - r_f .

```
ER = dict()
rf = 0 # припустимо, що безризикова ставка в цьому випадку дорівнює нулю

# Оцінюємо очікувану прибутковість ринку, використовуючи щоденну прибутковість
rm = stocks_daily_return["AMZN"].mean() * 253
```

Рисунок 2.9 — Очікувана прибутковість ринку

Джерело: розроблено автором у програмі Python

У цьому конкретному фрагменті коду ми ініціалізуємо словник очікуваної прибутковості (ER) і припускаємо, що безризикова ставка (r_f) дорівнює нулю, очікувана доходність ощадного рахунку становить 0% (0 ризиків). Використовуємо доходність 20-річних казначейських облігацій США - r_f . Тут ми помножили середньоденну прибутковість на 253, оскільки в році 253 торгові дні. Таким чином, ми можемо отримати річну прибутковість.

Ця інформація є корисною, оскільки вона допомагає нам оцінити потенціал ризику та винагороди нашого портфеля. Ми можемо порівняти очікувану доходність нашого портфеля з очікуваною доходністю ринку, щоб визначити, чи випереджають наші інвестиції ринок, чи відстають від нього. Це також дає уявлення про премію за ризик, яка є надлишковою доходністю, очікуваною від прийняття додаткового ризику порівняно з безризиковою ставкою.

Оцінимо очікувану доходність наших акцій, застосувавши модель CAPM:

```

: keys = list(beta.keys())
  for k in keys:
    # Розрахуйте дохідність кожного цінного паперу за допомогою CAPM
    ER[k] = rf + beta[k] * (rm-rf)

  for k in keys:
    print("Очікувана дохідність на основі моделі CAPM для {} є {}".format(k, ER[k]))

```

Очікувана дохідність на основі моделі CAPM для AAPL є -1.5773062703783378%
 Очікувана дохідність на основі моделі CAPM для GM є 8.69608947226057%

Рисунок 2.10 — Очікувана дохідність на основі CAPM.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Інтерпретація результатів: Як бачимо з результатів, GM має вищу очікувану прибутковість, що узгоджується з теорією, оскільки GM також має найвищий ризик, пов'язаний з нею. Цей крок є важливим, оскільки дозволяє оцінити потенційну дохідність окремих цінних паперів, виходячи з їхнього систематичного ризику та взаємозв'язку з загальним ринком. Застосовуючи CAPM, ми можемо оцінити, чи може цінний папір забезпечити дохід, який компенсує рівень ризику, який він несе. У цьому конкретному фрагменті коду ми перебираємо кожний цінний папір у портфелі та обчислюємо його очікувану дохідність за формулою CAPM зазначеною у розділі 2 раніше. Розрахувавши очікувану дохідність на основі моделі CAPM для кожного цінного паперу, ми можемо оцінити його потенційну дохідність відносно рівня ризику [38]. Ця інформація є цінною для прийняття інвестиційних рішень та побудови портфеля, який збалансовує ризик та дохідність.

Тепер ми обчислюємо середньорічну прибутковість акцій на основі історичних даних. Ми повинні порівняти їх з очікуваною прибутковістю, яку генерувала акція.

```

: for k in keys:
  print('Дохідність на основі історичних даних для {} є {}'.format(k, stocks_daily_return[k].mean() * 252))

```

Дохідність на основі історичних даних для AAPL є 22.66477872673389%
 Дохідність на основі історичних даних для GM є 6.821157859390483%

Рисунок 2.11 — Дохідність акцій на основі історичних даних.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Тут ми розраховуємо історичну прибутковість кожного цінного паперу, щоб оцінити його минулі показники. Цей фрагмент коду інформує про середню прибутковість, досягнуту кожним цінним папером на основі історичних даних.

Обчислюючи середнє значення щоденної прибутковості для кожного цінного паперу і множачи його на 252, бо це типова кількість торгових днів у році, ми оцінюємо річну прибутковість для цього цінного паперу. Це дозволяє нам порівняти історичні показники різних цінних паперів і оцінити їх прибутковість за певний період.

Перегляд прибутковості на основі історичних даних для кожного цінного паперу дає нам кількісну оцінку їхньої минулої ефективності. Це допомагає нам зрозуміти, наскільки добре кожен цінний папір приносив дохід інвесторам.

Аналіз історичних дохідностей цікавий з кількох причин. По-перше, він допомагає нам оцінити відносну ефективність різних цінних паперів і виявити ті, які стабільно приносять вищу дохідність. По друге, він надає еталон, з яким ми можемо порівняти очікувані доходи, розраховані за допомогою таких моделей, як CAPM. порівнюючи історичну дохідність з очікуваною, ми можемо оцінити, чи цінний папір в минулому перевершував або не дотягував до очікуваної дохідності.

Крім того, аналіз історичної дохідності може допомогти нам зрозуміти волатильність і ризик, пов'язані з кожним цінним папером. Вивчаючи діапазон і розподіл прибутковості в часі, ми можемо оцінити потенційні ризики, пов'язані з інвестуванням в конкретний цінний папір.

Отже, модель оцінки капітальних активів є корисним інструментом для розрахунку очікуваної дохідності активів, зокрема акцій. Вводячи відповідну інформацію, таку як безризикова ставка, бета акції та очікувана ринкова прибутковість, інвестори можуть отримати прогноз очікуваної прибутковості своїх інвестицій. Ця інформація може допомогти прийняти обґрунтоване рішення про купівлю або продаж певної акції.

Однак важливо зазначити, що CAPM - це лише один з багатьох інструментів, і дуже важливо враховувати різні фактори при прийнятті інвестиційних рішень.

РОЗДІЛ 3

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ САРМ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТНОГО ПОРТФЕЛЯ

3.1 Переваги та обмеження застосування моделі САРМ для криптовалютного портфеля

Криптовалюти привертають значну увагу та користуються попитом у всьому світі, як альтернативний клас інвестицій і Україна не є винятком. На українському ринку спостерігається зростаючий інтерес до криптовалют, що створює унікальний ландшафт можливостей та викликів. Криптовалюти пропонують децентралізовану та ефективну альтернативу традиційним фінансовим системам, дозволяючи пришвидшити транзакції, знизити комісії та забезпечити фінансову інклюзію для населення, яке не має доступу до банківських послуг. Крім того можна створити власний портфель із криптовалют без брокерів, лише через додаток на телефоні або з власного комп'ютера. Тому саме такі активи мають потенціал для стимулювання економічного зростання та інновацій в Україні. Вони можуть залучати іноземні інвестиції, сприяти розвитку підприємництва та створювати робочі місця в секторах блокчейну та криптовалют. Крім того, криптовалюти можуть полегшити транскордонні транзакції та покращити доступ до міжнародних ринків, посилюючи торгівлю та економічну інтеграцію. Однак волатильність і ринкова невизначеність залишаються ключовими факторами, які потребують ретельного розгляду.

Оскільки все більше інвесторів прагнуть отримати доступ до цього нового активу, важливим стає прийняття обґрунтованих стратегій управління портфелем. Одним з ефективних підходів є використання моделі оцінки капітальних активів та методів диверсифікації.

Застосування моделі CAPM до криптовалют допомагає інвесторам оцінити їхню потенційну ефективність відносно ринкових рухів і визначити відповідний розподіл коштів на основі очікуваної прибутковості. Вона забезпечує основу для розуміння систематичного ризику, який являє собою частину волатильності активу, яку неможливо диверсифікувати.

Оцінюючи бета-ризик криптовалют, інвестори можуть отримати уявлення про їхню чутливість до ринкових змін. Розуміння систематичного ризику криптовалют є життєво важливим для оцінки їхньої потенційної прибутковості та узгодження інвестиційних рішень з толерантністю до ризику [39]. Також дана модель дозволяє інвесторам оцінити очікувану прибутковість криптовалют, враховуючи їхній систематичний ризик та безризикову ставку. Включення бета-коефіцієнта, премії за ринковий ризик та безризикової ставки дозволяє інвесторам отримати обґрунтовану оцінку прибутковості, яку вони можуть очікувати від криптовалют. Ця оцінка допомагає у прийнятті рішень щодо портфеля і допомагає визначити криптовалюти з потенціалом сприятливої прибутковості, скоригованої на ризик.

Важливо також зазначити що модель CAPM враховує ринкові фактори, які можуть впливати на ефективність криптовалют. Такі фактори, як ринкові настрої, регуляторні зміни та технологічний прогрес, можуть впливати на прибутковість криптовалют поза межами їхнього систематичного ризику. Інтеграція цих ринкових факторів в CAPM-аналіз може забезпечити більш повне розуміння потенційної прибутковості та ризиків, пов'язаних з криптовалютами.

Хоча модель пропонує цінну інформацію, важливо визначити її обмеження при застосуванні до криптовалют. Ринки криптовалют є відносно молодими, характеризуються високою волатильністю і залежать від унікальних факторів, які не властиві традиційним активам. Припущення моделі CAPM, такі як ефективні ринки та лінійні взаємозв'язки, можуть не повністю відповідати криптовалютному простору. Тому інвестори повинні проявляти обережність і враховувати додаткові фактори при застосуванні моделі до криптовалют.

Модель CAPM передбачає ринкову ефективність, яка може не повністю відображати унікальну динаміку ринку криптовалют. Для того, щоб врахувати вплив настроїв інвесторів та неефективність ринку, необхідні коригування та уточнення моделі. Гнучкий та адаптивний підхід застосування моделі до криптовалют забезпечить її постійну актуальність для цього класу цифрових активів, що постійно розвивається. Ігнорування застосування моделі CAPM до криптовалют може призвести до неоптимального інвестиційного вибору та підвищеного ризику. Тому дуже важливо розуміти і використовувати інформацію, яку надає модель CAPM, при орієнтуванні на ринок криптовалют.

3.2 Аналіз ризику та доходності криптовалютного портфеля за допомогою моделі CAPM

Формування та управління портфелем криптовалют є актуальною задачею для багатьох інвесторів. Використання мови програмування Python дозволяє автоматизувати цей процес та забезпечити ефективну роботу з криптовалютними активами. Розглянемо наступні пункти для формування портфеля криптовалют у Python.

Для початку потрібно завантажити історичні дані активів, таких як: BTC (Bitcoin) [40], BNB (Binance Coin) [41] та ETH (Ethereum) [42], щоб скласти диверсифікований портфель. Для подальшого аналізу ми обираємо період часу за останні 5 років.

Важливо завантажити кожну криптовалюту з щоденним інтервалом, щоб мати достатньо даних для дослідження. Використання щоденних цінових даних дозволить нам оцінити доходність та ризик кожної криптовалюти протягом певного періоду. Якщо брати показники за останні 5 років, ми будемо мати достатню кількість даних для проведення аналізу ризику та доходності цих активів.

Імпортуємо також необхідні бібліотеки для подальшої роботи: `pandas`, `matplotlib`, `seaborn`. Для побудови графіків ми будемо використовувати пакет `plotly` [36]. Тепер потрібно перейти до роботи із даними. Спочатку я завантажила датасети криптовалют у `python` які я відібрала для складання оптимального портфеля. Ось приклад перших п'яти рядків датасету криптовалюти BTC за командою `.head(5)`:

```
BTC.head(5)
```

	Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume
0	2018-06-02	7536.720215	7695.830078	7497.259766	7643.450195	7643.450195	4939299840
1	2018-06-03	7632.089844	7754.890137	7613.040039	7720.250000	7720.250000	4851760128
2	2018-06-04	7722.529785	7753.819824	7474.040039	7514.470215	7514.470215	4993169920
3	2018-06-05	7500.899902	7643.229980	7397.000000	7633.759766	7633.759766	4961739776
4	2018-06-06	7625.970215	7680.430176	7502.009766	7653.979980	7653.979980	4692259840

Рисунок 3.1 — Перші 5 рядків даних BTC.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Після цього, я змінила стовпець "Adj Close" на тикер криптовалюти для зручності. Стовпець "Date" є важливим для аналізу криптовалют у Python, оскільки він надає інформацію про часовий ряд цін.

```
: BTC.head(5)
```

	Date	BTC
0	2018-06-02	7643.450195
1	2018-06-03	7720.250000
2	2018-06-04	7514.470215
3	2018-06-05	7633.759766
4	2018-06-06	7653.979980

Рисунок 3.2 — Перші 5 рядків відредагованих даних BTC.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Перейменування стовпця "Adj Close" на назву тикера криптовалюти робить дані більш зрозумілими і зручними для подальшої обробки і аналізу. Замість

загального терміну "Adj Close", ми використовуємо конкретне ім'я криптовалюти, що полегшує ідентифікацію та використання даних у подальших кроках аналізу моделі. Далі у наведеному фрагменті коду показаний новий датафрейм з ім'ям `stocks_df`, який представляє наш створений портфель із вищезазначених криптовалют. Розглянемо його детальніше:

	Date	BTC	ETH	BNB
0	2018-06-02	7643.450195	591.807983	308.101776
1	2018-06-03	7720.250000	618.328979	298.397888
2	2018-06-04	7514.470215	592.984985	301.631134
3	2018-06-05	7633.759766	609.302979	298.934723
4	2018-06-06	7653.979980	607.124023	295.396027

Рисунок 3.2 — Датафрейм для всіх криптовалют.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

З наведених вище результатів видно, що кожна криптовалюта має різний діапазон цін. Наприклад, ціна Bitcoin становила приблизно 7600 доларів за один Bitcoin, тоді як ціна Ethereum була приблизно 600 доларів. Щоб зробити дані порівняльними, необхідно нормалізувати ціни, поділивши всі ціни кожної криптовалюти на її перше значення. Таким чином, перше нормалізоване значення буде дорівнювати 1, а значення, які більше 1, вказуватимуть на зростання ціни, тоді як значення менше 1 - на падіння ціни.

	Date	BTC	ETH	BNB
0	2018-06-02	1.000000	1.000000	1.000000
1	2018-06-03	1.010048	1.044814	0.968504
2	2018-06-04	0.983125	1.001989	0.978998
3	2018-06-05	0.998732	1.029562	0.970247
4	2018-06-06	1.001378	1.025880	0.958761

Рисунок 3.3 — Датафрейм із нормалізованими даними криптовалют

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Після проходження кожного стовпця криптовалют у датафреймі, крім першого стовпця, функція `normalize_stocks` здійснила нормалізацію. Вона поділила значення в кожному стовпці на значення першого рядка у цьому стовпці, як зазначалось у другому розділі. Цей метод гарантує, що всі ціни криптовалют відносяться до їх початкових значень, що дозволяє здійснювати змістовні порівняння та аналіз різних криптовалют.

Таким чином, ми усуваємо потенційні похибки, спричинені варіаціями початкових значень цін. Цей крок нормалізації є важливим для аналізу портфеля, оскільки він дозволяє проводити більш точні порівняння, оцінювати ризики та розробляти стратегії оптимізації для різних криптовалют. Побудуємо графік для порівняння отриманих результатів:

Нормалізовані ціни криптовалют



Рисунок 3.3 — Графік нормалізованих цін криптовалют.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Цей фрагмент коду показує лінійний графік за допомогою бібліотеки `Plotly Express`. Він дозволяє порівняти нормалізовані ціни різних криптовалют у часовому ряді. Та допомагає визначити тенденції, зміни і взаємозв'язки між криптовалютами.

Тобто, можна оцінити зростання або падіння цін криптовалют відносно їхніх початкових значень і провести порівняльний аналіз ринку криптовалют.

Графік також дозволяє виявити перекриття ліній, що може бути корисним для визначення кореляцій між активами. Якщо лінії криптовалют протягом часу часто перетинаються, це може свідчити про подібні рухи цін і взаємозв'язок між ними.

Крім того, графік надає можливість порівняти волатильність різних криптовалют. Якщо лінія криптовалюти має більші коливання та високі піки, це може свідчити про більшу ризикованість та волатильність цієї криптовалюти в порівнянні з іншими. Він допомагає розкрити тенденції, залежності та ризики на ринку криптовалют, що може бути корисним для прийняття рішень щодо інвестування або управління криптовалютним портфелем.

Побудуємо кілька бокс-діаграм, щоб проаналізувати щоденну прибутковість кожної криптовалюти за даний період.

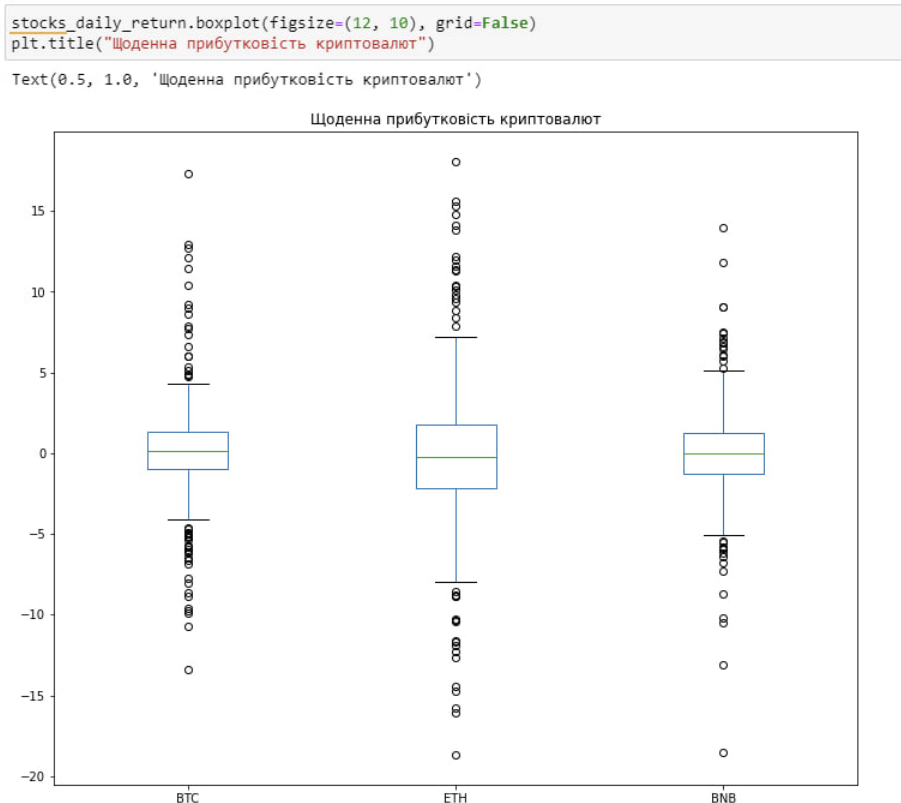


Рисунок 3.4 — Щоденна прибутковість криптовалют.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Цей код відображає `boxplot` або ящик з вусами, для щоденної прибутковості криптовалют. Ящик зображає міжквартильний діапазон, вуса вказують на мінімальне та максимальне значення, а лінія в середині ящика представляє медіану.

Цей графік дозволяє визначити розподіл та розмах значень щоденної прибутковості криптовалют. За допомогою нього можна зробити декілька висновків про прибутковість криптовалют:

- Розмах: Відстань між нижнім та верхнім вусом вказує на величину розмаху прибутковості. Ширший розмах вказує на більш значні зміни в цінах криптовалют протягом дня.
- Медіана: Лінія в середині ящика представляє медіану, яка показує центральне значення розподілу, знаходиться у даному випадку близько 0. Чим ближче медіана до верхнього краю ящика, тим більше прибутковість криптовалют. Зауважимо, що якщо вона відрізняється від нуля, то це означає наявність збитків або прибутків.
- Викиди: Присутність окремих точок поза вусами, які називаються викидами, може вказувати на значні зміни або незвичайні події в цінах криптовалют. Вони можуть бути об'єктом окремого аналізу для визначення можливих факторів, що впливають на щоденну прибутковість. Наприклад у BTC викидами є значення більше 5 або -5, а в ETH ця вибірка трішки більша і більше викидів відповідно.

Загалом, цей графік допомагає оцінити розподіл та характеристики щоденної прибутковості криптовалют, що може бути корисним для аналізу ризиків та прийняття інвестиційних рішень. Тепер, коли ми підготували наші дані, нормалізувавши їх та оцінивши щоденні прибутки наших акцій, ми можемо перейти до застосування моделі CAPM для оцінки очікуваних прибутків, скоригованих на ризик.

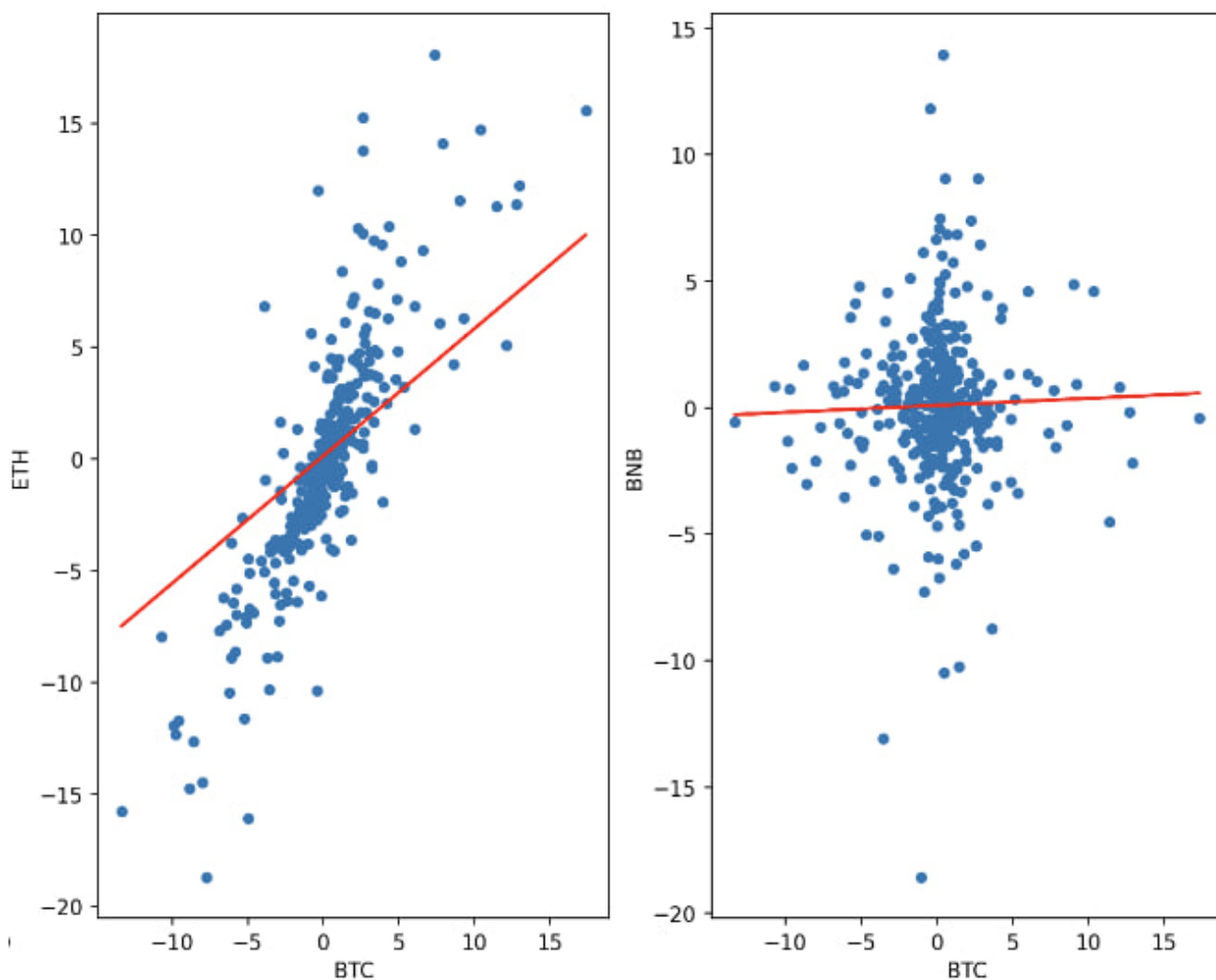


Рисунок 3.5 — Бета-оцінка: регресія між BTC та денними показниками окремих криптовалют.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Побудувавши діаграму розсіювання між щоденними доходами кожної криптовалюти та показником BTC, ми можемо візуально дослідити залежність між цими змінними. Це дозволяє нам зрозуміти, як дохідність окремих криптовалют залежить від дохідності BTC і чи існує між ними позитивна або негативна кореляція. Також, ми можемо визначити, чи цей зв'язок має лінійну форму. Регресійна лінія, побудована для криптовалют BTC і BNB, має нахил, відмінний від нуля. Це свідчить про наявність позитивної лінійної залежності між щоденною доходністю BTC та BNB. Тобто, коли значення щоденної доходності BTC зростають, то бачимо зростання щоденної доходності BNB і навпаки. Це може

свідчити про схожі тенденції та залежності цих двох криптовалют на ринку. Кореляцію між BTC та ETH можна описати так: регресійна лінія для цих двох криптовалют також має нахил, відмінний від нуля, що вказує на наявність позитивної лінійної залежності між щоденною доходністю BTC та ETH. Однак, відношення кореляції може трохи відрізнятись від того, що ми спостерігаємо між BTC і BNB. Це може означати, що вплив факторів на доходність ETH може бути трохи іншим, ніж на доходність BNB. При цьому, загалом, є позитивна залежність між щоденною доходністю BTC та ETH, що може вказувати на спільну динаміку цих двох криптовалют на ринку.

Для оцінки CAPM потрібно розрахувати очікувану доходність ринку. Це дає нам уявлення про ефективність та потенційну прибутковість нашого портфеля порівняно зі загальним ринком. Для оцінки цього, ми розраховуємо очікувану доходність ринку.

```
ER = dict()
rf = 0
rm = stocks_daily_return["BTC"].mean() * 253
```

Рисунок 3.6 — Очікувана прибутковість ринку.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Ця інформація надає нам оцінку ризику та потенційної доходності нашого портфеля. Ми можемо порівняти очікувану прибутковість нашого портфеля з очікуваною доходністю ринку, щоб визначити, чи перевершують наші інвестиції ринок, чи відстають від нього. Це також дає нам уявлення про премію за ризик, яка представляє собою надлишкову доходність, очікувану від прийняття додаткового ризику порівняно з безризиковою ставкою.

Щоб завершити наш аналіз, потрібно оцінити очікувану доходність наших криптовалют, використовуючи модель CAPM:

```

: keys = list(beta.keys())
  for k in keys:

      ER[k] = rf + beta[k] * (rm-rf)

  for k in keys:
      print("Очікувана дохідність на основі CAPM for {} is {}".format(k, ER[k]))

Очікувана дохідність на основі CAPM for ETH is 13.26153702067132%
Очікувана дохідність на основі CAPM for BNB is 0.644280950892685%

```

Рисунок 3.7 — Очікувана дохідність на основі CAPM.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

В даному випадку ми використали CAPM для оцінки дохідності кожної криптовалюти у портфелі. Висновок, що можна зробити з даного коду, полягає в тому, що очікується, що ETH (Ethereum) матиме дохідність на рівні 13.261% з урахуванням CAPM. Це означає, що ризик та винагорода за інвестування в криптовалюту ETH очікується бути вищими, ніж безризикова ставка (rf), і це може бути привабливою можливістю для інвесторів.

Далі обчислюємо середньорічну прибутковість криптовалюти на основі історичних даних.

```

: for k in keys:
  print('Дохідність криптовалют на основі історичних даних for {} is {}'.format(k, stocks_daily_return[k].mean() * 252))

Дохідність криптовалют на основі історичних даних for ETH is -24.159340526047323%
Дохідність криптовалют на основі історичних даних for BNB is 12.11150792079969%

```

Рисунок 3.8 — Дохідність на основі історичних даних.

Джерело: розроблено автором у програмі Python

Даний фрагмент коду обчислює дохідність криптовалют на основі їх історичних даних. Для кожної криптовалюти `stocks_daily_return` розраховується середня дохідність за допомогою методу `.mean()`, і результат множиться на 252, оскільки в році припускається 252 торгові дні. Висновок з цього коду полягає в тому, що на основі історичних даних середньорічна дохідність для криптовалюти ETH (Ethereum) становить -24.159%, що вказує на втрату вартості за даний період.

З іншого боку, для криптовалюти BNB (Binance Coin) вона складає 12.111%, що означає позитивну дохідність за вказаний період. Отже, на основі історичних даних можна зробити висновок, що криптовалюти ETH та BNB мають різні рівні дохідності за вказаний період. Прогнозування майбутньої прибутковості криптовалют може бути складним завданням, оскільки ці ринки відомі своєю високою волатильністю та непередбачуваністю.

Тобто, спочатку, ми виконали кореляційний аналіз, щоб встановити наявність зв'язку між рухом цін Bitcoin та інших криптовалют. За допомогою діаграм розсіювання ми візуалізували цей зв'язок та використали лінійну регресію для побудови регресійних ліній між BTC, та кожним іншим активом. Далі, застосувавши модель CAPM ми обчислили очікувану дохідність кожної акції на основі безризикової ставки, бета-коефіцієнта та ринкової дохідності. Це дозволило нам оцінити потенційний ризик та винагороду наших інвестицій у порівнянні з ринком. Завершивши оцінку криптовалют, ми також порівняли їх очікувану дохідність на основі CAPM з фактичною дохідністю, отриманою з історичних даних. Це дало нам уявлення про те, які криптовалюти можуть переважати, або навпаки, в нашому портфелі, на основі обраних історичних даних.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці та практичному застосуванню моделі оцінки капітальних активів у процесах диверсифікації портфеля цінних паперів з метою досягнення оптимального балансу між його ризиком та дохідністю.

У роботі описано концепцію інвестицій, відокремлено саме портфельні та спекулятивні інвестиції, і визначено важливість розуміння ризику та очікуваного доходу. Розглянуті основні аспекти використання моделі оцінки капітальних активів в контексті інвестування в цінні папери, зокрема в криптовалюти та акції провідних компаній.

Одним із ключових аспектів дослідження є методологія моделі CAPM, яка дозволяє оцінити очікуваний дохід та відносний ризик цінних паперів. Розкрито основні поняття та формули моделі, а також виявлено її припущення та обмеження. Незважаючи на свою популярність, CAPM має деякі недоліки, зокрема врахування ризику зовнішніх факторів, які можуть впливати на вартість цінних паперів.

Охарактеризовано поняття диверсифікації цінних паперів, яке є важливим засобом управління ризиком портфеля. Визначила систематичний та несистематичний ризик, які враховуються при диверсифікації портфеля. Диверсифікація дозволяє зменшити несистематичний ризик шляхом включення різних цінних паперів з різними кореляціями між ними.

У проведеному дослідженні показано порівняння CAPM моделі з теорією арбітражного ціноутворення, що дозволило виявити схожість та відмінності між цими підходами до оцінки активів. Обидві моделі мають свої припущення та обмеження, але вони можуть бути використані в комбінації для отримання більш точної оцінки цінних паперів.

Розроблена модель, яка враховує особливості диверсифікації портфеля цінних паперів, і перевірена її ефективність на реальних фінансових даних акцій компаній APPL, AMZN та GM і криптовалют BTC, BNB і ETH за останні 5 років. Це дозволило нам оцінити оптимальність моделі в контексті реального ринку і зробити висновки щодо її застосування.

Дослідження показало, що використання CAPM моделі та диверсифікації є важливими факторами при формуванні та управлінні портфелем цінних паперів, включаючи криптовалюти. Врахування цих факторів дозволяє інвесторам зробити кращі рішення щодо розподілу активів, мінімізувати ризик та максимізувати дохід.

За результатами цього дослідження, виникають цікаві перспективи застосування CAPM моделі в контексті криптовалют та акцій. Хоча криптовалюти мають свої особливості і ризики, аналіз їх потенційного доходу та ризику за допомогою CAPM може надати інвесторам цінну інформацію для прийняття раціональних рішень. Одна з перспектив дослідження полягає у розширенні моделі CAPM для врахування унікальних факторів, які впливають на ціни криптовалют. Наприклад, можна розглянути включення факторів, що враховують популярність криптовалюти, обсяги торгів, новини та інші фундаментальні чинники, які можуть впливати на її ціну. Це може допомогти покращити точність оцінки ризику та доходності криптовалют.

Крім того, розширення дослідження на інші альтернативні активи, які знаходяться поза традиційними фінансовими ринками, може бути цікавим напрямком подальшої роботи. Наприклад, дослідження використання CAPM моделі в контексті інших цифрових активів, таких як цифрові монети, токени та інші форми криптоактивів, може розкрити нові можливості для інвесторів та аналітиків.

Усі ці перспективи дослідження вказують на значення уваги до використання CAPM. Це допомагає зрозуміти ризики та очікувану доходність, формувати оптимальні портфелі та приймати обґрунтовані рішення використовуючи базову модель та пристосовуючи її до сучасних даних. Подальші дослідження у цій галузі можуть привести до інновацій, що сприятимуть розвитку інвестиційного середовища акцій, криптовалют та інших альтернативних активів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванілов О.С. Економіка підприємства : підручник. Київ : Центр навчальної літератури, 2009. 728 с.
2. Портфельне інвестування. Навч. посібник / А.А. Пересада, О.Г. Шевченко, Ю.М. Коваленко, С.В. Урванцева. Київ : КНЕУ, 2004. 408 с.
3. Податковий кодекс України, ст. 14 п. 1 п.п. 45. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> (дата звернення: 26.05.2023).
4. Гетьман О.М., Вакаров В.М., Сембер С.В. Оптимізація моделювання управління інвестиційним портфелем. *Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Економіка*. Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2012. Вип. 2 (36). С. 147–153.
5. Портфельне інвестування. Навч. посібник / А.А. Пересада, О.Г. Шевченко, Ю.М. Коваленко, С.В. Урванцева. Київ : КНЕУ, 2004. 408 с.
6. Segal T. What Is Diversification? Definition as Investing Strategy. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/d/diversification.asp> (date of access: 26.05.2023).
7. Advantages and Disadvantages of Diversification | PDF | Diversification (Finance) | Mergers And Acquisitions. Scribd. URL: https://www.scribd.com/doc/12376024/Advantages-and-Disadvantages-of-Diversification?utm_medium=cpc&utm_source=google_pmax&utm_campaign=3Q_Google_Performance-Max_RoW&utm_term=&utm_device=c&gclid=CjwKCAjwpuajBhBpEi wA_ZtfhQdEEQNBXszQhUUIMZ0B2R6WjUIDMDzmIkqMeDaCK65URhAAbrITWRoCa4EQAvD_BwE (date of access: 26.05.2023).
8. Суторміна В. М. Фінанси зарубіжних корпорацій : Підручник. Київ : КНЕУ, 2004. 566 с.
9. Управління портфелем цінних паперів. Навч. посібник / А.А. Пересада, О.Г. Шевченко, Ю.М. Коваленко, С.В. Урванцева. Київ : КНЕУ, 2004. 408 с.

10. Hayes A. Portfolio Management: Definition, Types, and Strategies. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/p/portfoliomangement.asp> (date of access: 26.05.2023).
11. Brealey, Richard A. Principles of corporate finance – 10th ed. New York, McGraw-Hill/Irwin, 2011. 194p
12. Reilly F. K. Investment analysis and portfolio management. 7th ed. U.S : South-Western/Thomson Learning, 2003. 1216 p. 13. Berndt E. R. The practice of econometrics: Classic and contemporary. Reading, Mass : Addison-Wesley Pub. Co., 1991. 702 p.
14. Ірина Лук'яненко, Лариса Краснікова Економетрика: Підручник: Київ. Товариство “Знання”, 1998. 494 с.
15. Модель сарм. Загальна характеристика. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/7729068/page:17/> (дата звернення: 26.05.2023).
16. Dalio R. Principles. Simon & Schuster, 2018. 592 p.
17. Pure Alpha: Bridgewater's New Strategy Pays Off. Shortform Books. URL: <https://www.shortform.com/blog/pure-alpha-ray-dalio/> (date of access: 26.05.2023).
18. Fama, Eugene F; French, Kenneth R (Summer 2004). "The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence" Journal of Economic Perspectives. 18 (3): 25-46. doi:10.1257/0895330042162430
19. Assumptions of Capital Asset Pricing Model. Accountlearning | Contents for Management Studies |. URL: <https://accountlearning.com/assumptions-of-capital-asset-pricing-model/> (date of access: 26.05.2023).
20. The capital asset pricing model – part 1 | F9 Financial Management | ACCA Qualification | Students | ACCA Global. Home | ACCA Global. URL: <https://www.accaglobal.com/gb/en/student/exam-support-resources/fundamentals-exams-study-resources/f9/technical-articles/capm-part1.html> (date of access: 26.05.2023).
21. Ganti A. Understanding Capital Market Line (CML) and How to Calculate It. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/c/cml.asp> (date of access: 26.05.2023).

22. Фінансовий ринок. Бібліотека Posibniki.com.ua. Електронна бібліотека підручників онлайн. URL: <https://posibniki.com.ua/catalog-finansovii-rinok> (дата звернення: 26.05.2023).

23. Дзюба П.В. БАГАТОФАКТОРНІ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРЕМІЙ: АНАЛІЗ ДИСКУРСУ ТА МІСЦЕ В СУЧАСНІЙ ТЕОРІЇ МІЖНАРОДНОГО ПОРТФЕЛЬНОГО ІНВЕСТУВАННЯ. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. 2021. С. 23.

24. Nickolas S. CAPM vs. Arbitrage Pricing Theory: What's the Difference?. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/articles/markets/080916/capm-vs-arbitrage-pricing-theory-how-they-differ.asp#:~:text=The%20arbitrage%20pricing%20theory%20is,users%20to%20quantify%20multiple%20factors> (date of access: 26.05.2023).

25. Hayes A. Arbitrage Pricing Theory (APT) Formula and How It's Used. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/a/apt.asp> (date of access: 26.05.2023).

26. Ali Nezh Akyol. SMART BETA STRATEGIES: A NEW HYPE OR A LASTING PHENOMENON. International Journal of Economics, Commerce and Management. United Kingdom. 2022. P. 13.

27. Kenton W. Beta: Definition, Calculation, and Explanation for Investors. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/b/beta.asp> (date of access: 26.05.2023).

28. How do you interpret beta coefficients? (2023). Investguiding. URL: <https://investguiding-com.ngontinh24.com/articles/how-do-you-interpret-beta-coefficients> (date of access: 26.05.2023).

29. Regression. [statisticssolutions.com](https://www.statisticssolutions.com). URL: <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/regression/> (date of access: 26.05.2023).

30. What are the Limitations of Beta?. Finance Unlocked. URL: <https://financeunlocked.com/videos/relationships-between-assets-7-8-beta-limitations> (date of access: 26.05.2023).

31. Kievskaya E. Analysis of modern approaches to the formation of the portfolio investor shares stock. Technology audit and production reserves. 2018. Vol. 5, no. 2(43). P. 4–9.

32. The capital asset pricing model – part 1 | F9 Financial Management | ACCA Qualification | Students | ACCA Global. Home | ACCA Global. URL: <https://www.accaglobal.com/gb/en/student/exam-support-resources/fundamentals-exams-study-resources/f9/technical-articles/capm-part1.html> (date of access: 26.05.2023).

33. Apple Inc. (AAPL) Stock Historical Prices & Data - Yahoo Finance. Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/AAPL/history?p=AAPL> (date of access: 26.05.2023).

34. Amazon.com, Inc. (AMZN) Stock Historical Prices & Data - Yahoo Finance. Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/AMZN/history?p=AMZN> (date of access: 26.05.2023).

35. General Motors Company (GM) Stock Historical Prices & Data - Yahoo Finance. Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/GM/history?p=GM> (date of access: 26.05.2023).

36. Учасники проєктів Вікімедіа. Python – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Python> (дата звернення: 26.05.2023).

37. Квасница А. Умная нормализация данных. Хабр. URL: <https://habr.com/ru/articles/527334/> (дата звернення: 26.05.2023).

38. Ben-David N., Ben David E. DOES THE CAPITAL ASSET PRICING MODEL REALLY WORK?. The Journal of Prediction Markets. 2012. Vol. 5, no. 1. 26–30 p.

39. Мартищенко Богдан. Аналіз ризику криптовалют як альтернативного інвестиційного класу. Київ 2020. 79 с.

40. Bitcoin USD (BTC-USD) Price, Value, News & History - Yahoo Finance. Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/BTC-USD?p=BTC-USD> (date of access: 26.05.2023).

41. BNB USD (BNB-USD) Price, Value, News & History - Yahoo Finance. Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/BNB-USD?p=BNB-USD> (date of access: 26.05.2023).

42. Ethereum USD (ETH-USD) Price, Value, News & History - Yahoo Finance. Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News. URL: <https://finance.yahoo.com/quote/ETH-USD?p=ETH-USD> (date of access: 26.05.2023).

43. CRSP - The Center for Research in Security Prices |. URL: <https://www.crsp.org/> (date of access: : 26.05.2023).