

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Економічний факультет**

**Кафедра економічної кібернетики**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**«МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ В СЕГМЕНТІ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПАНІЙ З УРАХУВАННЯМ ESG ФАКТОРІВ»**

студента 4 курсу  
спеціальності 051 «Економіка»  
ОПП «Економічна кібернетика»  
денної форми навчання  
Петрина Олександра Сергійовича

**Науковий керівник:**

д.е.н., проф. Камінський Андрій  
Борисович  
Засвідчую, що у цій дипломній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань

Студент \_\_\_\_\_ (підпис)

Роботу допущено до захисту перед ЕК  
рішенням кафедри економічної кібернетики  
від 12 червня 2025р., протокол № 15  
Завідувач кафедри:  
доктор економічних наук, професор  
Ляшенко Олена Ігорівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

*Кваліфікаційна робота бакалавра містить:* 63 ст., 12 рис., 1 табл., 56 джерел, 1 додаток.

*Ключові слова:* ESG, інвестиційний портфель, енергетичні компанії, кластерний аналіз, ризик, дохідність, K-ratio, VAWI, сталий розвиток, S&P 500.

*Об'єкт дослідження:* інвестиційна діяльність у сфері енергетичного сектору.

*Предмет дослідження:* процес формування інвестиційного портфеля енергетичних компаній з урахуванням ESG-факторів та оцінювання його ефективності.

*Мета дослідження:* розробка та апробація кластерного підходу до моделювання інвестиційного портфеля енергетичних компаній із урахуванням екологічних, соціальних та управлінських критеріїв.

*Методи дослідження:* економіко-статистичний аналіз, кластеризація (метод k-means), порівняльний аналіз, візуалізація динаміки портфелів за допомогою індексу VAWI, аналіз ефективності з використанням коефіцієнта K-ratio.

*Наукова новизна, теоретична значимість дослідження:* полягають у застосуванні кластерного підходу до моделювання ESG-орієнтованих портфелів енергетичних компаній із подальшою оцінкою їх динаміки за допомогою спеціалізованого індексу VAWI у поєднанні з K-ratio. Використано інтегративну модель класифікації портфелів з урахуванням нефінансових чинників (екологічних, соціальних та управлінських), що дозволяє поглибити теоретичне розуміння ролі ESG-факторів у сучасному інвестиційному аналізі та обґрунтувати їх як ефективний інструмент структуризації портфелів за принципами сталого розвитку.

*Практична цінність:* результати можуть бути використані портфельними інвесторами, фондами сталого розвитку та керуючими активами для формування стратегій, орієнтованих на баланс між прибутковістю, ризиком і нефінансовою відповідальністю.

## RESUME

Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Faculty of Economics, Department of Economic Cybernetics.

*Key words:* ESG, investment portfolio, energy companies, cluster analysis, risk, return, K-ratio, VAWI, sustainable development, S&P 500

*The graduation thesis:* Cluster-based model for constructing ESG-oriented investment portfolios in the energy sector.

*The practical value:* The proposed model helps investors form ESG-sensitive portfolios with varying risk-return profiles. It can be used by analysts and asset managers to support sustainable and data-driven investment decisions.

Pages - 63, figures - 12, tables - 1, references - 56, append. - 1.

## Зміст

Вступ.....	5
Розділ 1. Теоретико-методологічні підходи портфельного менеджменту.....	8
1.1. Генеза портфельного менеджменту.....	8
1.2. Концептуальні підходи сучасної портфельної теорії .....	12
1.3. Поняття ESG-факторів .....	17
Розділ 2. Енергетичні компанії в системі інвестиційних процесів.....	21
2.1. Енергетичні компанії на сучасному ринку.....	21
2.2. Роль енергетичних компаній у структурі портфелів .....	23
2.3. ESG фактори в портфельному підході .....	26
Розділ 3. Кластерний підхід до моделювання портфеля в сегменті енергетичних компаній.....	31
3.1. Поняття кластерного підходу до побудови портфеля.....	31
3.2. Кластеризація енергетичних компаній за п'ятьма критеріями .....	33
3.3. Порівняння кластерів енергетичних компаній з S&P 500.....	45
Висновки.....	52
Список використаних джерел.....	54
Додатки .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Додаток А .....	60

## ВСТУП

В умовах глобальної трансформації фінансових ринків і зростаючого інтересу до принципів сталого розвитку формуються нові пріоритети в інвестиційній діяльності. Інвестори дедалі частіше орієнтуються не лише на прибутковість та ризик, а й на нефінансові характеристики компаній, які визначають їхній вплив на довкілля, суспільство та систему корпоративного управління. Такий підхід, що отримав назву ESG (Environmental, Social, Governance), істотно змінює принципи формування інвестиційних стратегій. Його значення особливо зростає в секторах, що є критично важливими для сталого економічного розвитку, зокрема — в енергетичному секторі.

Енергетичні компанії становлять стратегічний сегмент світової економіки, водночас будучи одними з найбільших забруднювачів навколишнього середовища, а також джерелами соціальних і регуляторних ризиків. Це сприяє зростанню уваги як інституційних, так і приватних інвесторів до енергетичного сектору через призму ESG-факторів. Водночас формування ефективного портфеля в цій галузі потребує врахування великої кількості факторів: від волатильності ринку енергоносіїв до геополітичної нестабільності та нормативного тиску. У зв'язку з цим виникає потреба у застосуванні сучасних кількісних методів, зокрема кластерного аналізу для об'єктивного структурування компаній за ключовими характеристиками та підвищення інформативності портфельного підходу.

Незважаючи на наявність значної кількості досліджень у сфері ESG-інвестування, комплексне поєднання ESG-аналізу, портфельної теорії та кластерного моделювання у контексті енергетичного сектору досі залишається недостатньо опрацьованим напрямом. Більшість досліджень або зосереджені виключно на екологічному аспекті діяльності енергетичних компаній, або на традиційних моделях управління ризиком і доходністю, де не в повній мірі розкриті нефінансові показники. У той час як інтеграція ESG-факторів у фінансову аналітику відкриває нові горизонти для розуміння справжньої вартості та довгострокової ефективності активів.

**Об'єкт дослідження:** інвестиційна діяльність у сфері енергетичного сектору.

**Предмет дослідження:** процес формування інвестиційного портфеля енергетичних компаній з урахуванням ESG-факторів та оцінювання його ефективності.

**Мета дослідження:** розробка та апробація кластерного підходу до моделювання інвестиційного портфеля енергетичних компаній із урахуванням екологічних, соціальних та управлінських критеріїв.

**Завдання дослідження:**

- Дослідити сучасний стан енергетичних компаній на глобальному ринку.
- Зібрати дані найбільших енергетичних компаній з ринковою капіталізацією понад 40 мільярдів доларів США.
- Провести кластеризацію енергетичних компаній за фінансовими та ESG параметрами.
- Сформувані інвестиційні портфелі на основі кластерів і порівняти їхню ефективність із індексом S&P500, використовуючи показники K-ratio та VAWI.

Робота складається з 3-х розділів та висновку:

- В I розділі розкрито сутність інвестиційного портфеля та значення ESG-факторів як індикаторів стабільності й довгострокової прибутковості.
- В II розділі визначено роль енергетичних компаній у портфельному інвестуванні та обґрунтовано необхідність врахування ESG-метрик з огляду на їхню галузеву неоднорідність.
- В III розділі здійснено кластеризацію 57 енергетичних компаній за фінансовими та ESG-показниками, що дозволило виділити чотири портфельні групи з подальшою оцінкою їх ефективності за допомогою K-ratio та VAWI.
- У висновку зазначений аналіз проведених дій та отриманих результатів

Програмна реалізація поставлених завдань здійснювалась на мові програмування Python. Кластеризація компаній реалізовувалась за допомогою бібліотеки scikit-learn, зокрема алгоритму KMeans. Обробка та візуалізація даних

здійснювалася за допомогою бібліотек `pandas`, `matplotlib` та `seaborn`. Розрахунок фінансових метрик, таких як волатильність, очікувана дохідність та K-ratio, було виконано з використанням бібліотек `numpy` та `scipy`, а також формул Excel.

# РОЗДІЛ 1. Теоретико-методологічні підходи портфельного менеджменту

## 1.1. Генеза портфельного менеджменту

У сучасних умовах глобалізації фінансових ринків та посилення екологічних, соціальних і управлінських викликів постає потреба в переосмисленні традиційних підходів до інвестування. Формування інвестиційного портфеля вже не обмежується виключно показниками ризику та дохідності, інвестори дедалі частіше враховують нефінансові критерії сталого розвитку, що відображаються через ESG-фактори (Environmental, Social, Governance).

Цей розділ присвячений еволюції портфельного мислення, починаючи з емпіричних форм диверсифікації, які виникали ще в добу раннього капіталізму, коли інвестори інтуїтивно прагнули зменшити ризики шляхом розподілу ресурсів між різними видами активів, галузями чи регіонами. Згодом ці підходи отримали систематичне обґрунтування у працях провідних економістів ХХ століття. Основи сучасної портфельної теорії були закладені Гаррі Марковіцем, який у 1952 році запропонував математичну модель оптимізації портфеля, що враховувала очікувану дохідність і ризик (волатильність), та дозволяла формувати ефективну множину (efficient frontier) інвестицій [1].

Ідеї Марковіца були розвинуті Джеймсом Тобіном, який увів у модель безризиковий актив і продемонстрував можливість створення так званої "лінії капітального ринку", що поєднує безризикову ставку з оптимальним ризиковим портфелем. Надалі Вільям Шарп розробив модель оцінки капітальних активів (CAPM), яка надала інвесторам засоби визначення очікуваної дохідності активів на основі їхнього системного ризику (бета-коефіцієнта). У результаті сформувався набір кількісних методів, який дав змогу ухвалювати раціональні інвестиційні рішення на основі математичних моделей.

Разом із розвитком фінансових технологій та розширенням джерел даних, у фінансовій науці поступово утверджувались більш складні моделі, що враховують багатofакторні взаємозв'язки, ринкову поведінку, а з початку ХХІ століття і

нефінансові чинники. У цьому контексті особливого значення набуває становлення ESG-парадигми (Environmental, Social, Governance), яка вийшла за межі класичної дилеми "дохідність-ризик" і запровадила третій вектор - сталий розвиток та відповідальне інвестування.

ESG-орієнтоване інвестування передбачає не лише досягнення фінансових результатів, але й дотримання соціально-етичних принципів, зокрема захисту довкілля, забезпечення прав людини, прозорості управління та протидії корупції. Це якісно змінює уявлення про ефективність інвестиційного портфеля, адже в ньому повинні бути враховані довгострокові ризики, пов'язані з екологічними, соціальними та управлінськими аспектами діяльності компаній.

Завданням цього розділу є формування цілісної теоретичної основи для подальшого моделювання ESG-орієнтованого інвестиційного портфеля з урахуванням як класичних кількісних підходів, так і сучасних викликів сталого розвитку. Основну увагу приділено енергетичному секторі - галузі, яка виступає одночасно головним рушієм економічного зростання та одним із найбільших джерел глобальних екологічних ризиків. Саме тому енергетика потребує нових підходів до інвестиційного аналізу, де поряд із фінансовими метриками враховуються показники ESG-стійкості як ключові маркери довгострокової ефективності та репутаційної надійності компаній.

На етапі зародження капіталістичних відносин, особливо в період становлення світових фінансових центрів у Лондоні, Амстердамі та Парижі, основи сучасного портфельного мислення ще не були сформовані в математичному чи теоретичному сенсі. Проте практичні прояви диверсифікації як спроби мінімізувати втрати через вкладення в декілька видів активів вже простежувалися в операціях купців, банкірів і навіть аристократичних сімей, які управляли родинним капіталом. Відомо, що вже у XVIII столітті багаті родини вкладалися в землю, нерухомість, колоніальну торгівлю, облігації держав і приватних компаній, зокрема Ост-Індської компанії. Така багатовекторність була продиктована як політичними ризиками, так і необхідністю збереження купівельної спроможності капіталу на тлі інфляції та валютних коливань [1].

Навіть у цьому ранньому періоді інвестори намагалися зменшити вплив зовнішніх шоків через розподіл активів. Наприклад, корабельні інвестиції часто групувалися між декількома партнерами з метою зниження ризику повної втрати. Аналогічно діяли й перші страхові товариства, які акумулювали премії з багатьох джерел для покриття ймовірних втрат. Хоча це був емпіричний досвід, він став ідейною передумовою сучасної концепції диверсифікації як фундаменту портфельного мислення [1].

Паралельно з розвитком товарного капіталізму, в XIX столітті почали формуватись інституційні основи управління фінансовим ризиком. Банки, які вже до середини століття створювали складні механізми кредитування, починали стикатися з проблемою невиплат та дефолтів. Через це вони були змушені формувати кредитні портфелі, де ризик розподілявся між позичальниками різного рівня надійності, галузевої приналежності та регіональної активності. Подібним чином діяли і страхові компанії, вони почали впроваджувати принципи актуарної математики на основі статистичного аналізу смертності, збитків та ймовірностей подій. Ці практики були підкріплені розвитком ймовірнісного аналізу, започаткованого ще у XVIII ст. Бернуллі та Байєсом, і саме вони стали першими формалізованими підходами до оцінки ризиків у великих грошових потоках [2].

Поява перших біржових індексів, зокрема Dow Jones у 1896 році, започаткувала системний підхід до оцінки вартості та дохідності фінансових активів у динаміці. Спостереження за рухами цін на акції дало можливість фінансовим інституціям моделювати поведінку активів у часі, що стало основою для зародження портфельного підходу в інвестуванні.

Наступним поштовхом до формалізації портфельного мислення стали фінансові кризи XX століття. Велика депресія 1929-1933 років стала першим глобальним потрясінням, яке наочно продемонструвало ризики інвестування без використання глибокого аналітичного підходу, лише на основі спекулятивних очікувань або інтуїції. Відсутність диверсифікації та аналітичного підходу до ризику спричинили масові банкрутства як інституційних, так і приватних інвесторів [2].

На цьому тлі почалося становлення класичної портфельної теорії, яка зробила справжній прорив у розумінні взаємозв'язку між ризиком, доходністю та диверсифікацією [4]. Першим вагомим внеском стала робота Гаррі Марковіца "Portfolio Selection" (1952) [3], у якій він представив модель середньоквадратичної оптимізації. В її основі лежить ідея, що ефективне інвестування повинно враховувати не лише очікувану доходність активів, а й ризик, який вимірюється через розрахунок дисперсії, а також кореляції між активами. Це дозволило мінімізувати загальний ризик при заданому рівні доходності [3].

Ключовим підсумком підходу Марковіца стала концепція «Efficient frontier» - множини портфелів, які забезпечують оптимальне співвідношення ризику та доходності. Портфелі, що не належать до цього фронту, є домінованими, тобто менш ефективними за заданим рівнем ризику чи доходності. Основним аналітичним інструментом при цьому виступає коваріаційна матриця ризиків, яка враховує взаємозв'язки між активами та дозволяє досягати синергетичного ефекту завдяки низькій або негативній кореляції [3].

Подальший розвиток теорії відбувся у 1958 році завдяки Джеймсу Тобіну, який інтегрував у модель Марковіца безризиковий актив (наприклад, короткострокові держоблігації). Це дозволило сформулювати "теорему про дві фонди", згідно з якою будь-який інвестор може сформувати оптимальний портфель, комбінуючи безризиковий актив і ринковий портфель. Так з'явилася лінія капітального ринку (CML), що відображає найкращі поєднання ризику та доходу в умовах наявності безризикової ставки [5].

У 1964 році Вільям Шарп розвинув ці ідеї, запропонувавши модель оцінки капітальних активів (CAPM), яка дозволяє обчислювати очікувану доходність активу залежно від його системного ризику (бета-коефіцієнта). CAPM стала наріжним каменем фінансової аналітики і практики інвестування, а розроблений ним показник Sharpe Ratio дозволив оцінювати ефективність портфелів на основі співвідношення надлишкової доходності до волатильності [6].

Згодом в своїх роботах Джек Трейнор розширив цей підхід, запропонувавши альтернативний коефіцієнт - Treynor Ratio, який, на відміну від Sharpe Ratio,

фокусується винятково на системному ризику. Це стало корисним інструментом для аналізу ефективності портфельних менеджерів у середовищах із високою ринковою кореляцією.

Починаючи з 1960 року, розпочалась нова ера фінансів - ера кількісного моделювання. Активне впровадження комп'ютерних технологій відкрило шлях до обчислювально складних методів. Багатофакторні моделі, зокрема Arbitrage Pricing Theory (APT), набули особливого значення, оскільки вони враховували вплив макроекономічних чинників, а саме інфляції, грошової маси та темпів економічного зростання, це в свою чергу дозволило здійснювати більш точну оцінку очікуваної доходності активів [8].

У період 1973-1975 років, відбулась криза, яка була викликана нафтовим шоком і переходом до плаваючих валютних курсів після краху Бреттон-Вудської системи, ще більше актуалізувала потребу в кількісних методах управління інвестиційними портфелями. В умовах глобальної нестабільності і підвищеної волатильності зросла потреба у чітких інструментах оцінки доходності та ризиків [2].

У 1990-х роках подальше вдосконалення теорії здійснили Юджин Фама та Кеннет Френч. Вони розробили трифакторну модель, яка доповнила CAPM факторами розміру компанії та стилю інвестування (value vs. growth). Це стало підґрунтям для розвитку факторного інвестування - підходу, що базується на ідентифікації ключових драйверів ризику та доходності і дозволяє формувати більш гнучкі та ефективні стратегії [7].

Таким чином, протягом понад століття портфельна теорія пройшла шлях від інтуїтивної диверсифікації до складних математичних моделей, здатних враховувати як фінансові, так і макроекономічні чинники [9]. Однак у XXI столітті до класичного дуумвірату "ризик-дохідність" приєднався новий, третій вектор - сталий розвиток, що сформував основу для ESG-парадигми, яка поєднує фінансову ефективність із соціальною відповідальністю та екологічною стійкістю.

## **1.2. Концептуальні підходи сучасної портфельної теорії**

Сучасний інвестиційний ринок перебуває в стані глибокої структурної перебудови, спричиненої одночасним впливом глобальних кліматичних викликів,

геополітичної нестабільності та трансформації очікувань інвесторів щодо відповідальності бізнесу та активним розвитком нових фінансових інструментів, зокрема криптовалют.

У цьому контексті енергетичні компанії виступають як ключові гравці, з одного боку, вони є важливою ланкою у забезпеченні макроекономічної стабільності та енергетичної безпеки країн, а з іншого - головними генераторами екологічних ризиків, які мають безпосередній вплив на кліматичну ситуацію на планеті. Саме тому енергетичний сектор одночасно є й привабливим для інвесторів через свій дохідний потенціал, і вразливим з огляду на ризики, пов'язані з ESG-індикаторами [3].

Особливість інвестування в енергетичні компанії полягає в тому, що їхня фінансова ефективність тісно переплітається з нефінансовими факторами, такими як дотримання екологічних стандартів, прозорість управління, соціальна відповідальність перед працівниками, громадами і державними інституціями. Крім того, енергетичний ринок зазнає суттєвого впливу з боку регуляторних змін (зокрема «Зеленого курсу» ЄС, цілей сталого розвитку ООН, податкової політики щодо викидів CO<sub>2</sub>), що визначає додаткові параметри для аналізу потенціалу енергетичних компаній як інвестиційних об'єктів [8].

Сучасна портфельна теорія базується на фундаментальному протиставленні двох ключових фінансових категорій: ризику та очікуваної доходності. Очікувана доходність визначає потенційний прибуток від інвестиції, який інвестор сподівається отримати за певний період часу. Вона розраховується як середнє зважене значення доходностей всіх активів у портфелі.

Проте, сам по собі високий рівень очікуваної доходності не гарантує вигідності вкладення, оскільки несе із собою потенційні втрати, що й окреслюються через поняття ризику [4].

Ризик у портфельному контексті має багатовимірну природу. Найбільш поширеним показником є волатильність або стандартне відхилення доходностей активів. Саме волатильність вказує на розкид фактичної доходності від очікуваної,

таким чином чим більше стандартне відхилення, тим більш "непередбачуваним" є актив [4].

Окрім того, розрізняють:

- Систематичний ризик - той ризик, що обумовлений загальноекономічними факторами і не може бути усунутий шляхом диверсифікації. Наприклад інфляція, геополітичні події або зміни облікової ставки.
- Несистематичний ризик - класифікується як специфічний ризик для конкретної компанії або галузі, він може бути зменшений шляхом правильного формування портфеля.

Використання показників бета-коефіцієнта дозволяє оцінити чутливість окремих активів до змін ринку загалом. Наприклад, актив із  $\beta = 1$  поводить себе так само, як ринок, актив із  $\beta > 1$  - більш волатильний, а  $\beta < 1$  - менш чутливий до ринкових змін [6].

Доходність активу та його ризик не є незалежними категоріями - між ними існує фундаментальний зв'язок, що визначається через trade-off. Для того, щоб отримати вищу доходність, інвестор має погодитись на вищий ризик.

Диверсифікація є одним із основних принципів, що забезпечують ефективне управління інвестиціями. Вона дозволяє знижувати ризик портфеля шляхом розподілу коштів між різними активами, що зменшує ймовірність великих втрат через несприятливі коливання на ринку. Застосування диверсифікації передбачає, що різні активи не повинні рухатися в єдиному напрямку, що дозволяє зменшити загальний ризик і підвищити стабільність портфеля [4].

Концептуально, ефект диверсифікації досягається завдяки негативній або низькій кореляції між активами. Кореляція - це статистичний показник, який відображає ступінь залежності між доходностями двох активів. Якщо вони коливаються незалежно або в протилежних напрямках, загальний ризик портфеля буде меншим, ніж середньозважений ризик кожного активу окремо [4].

Тобто:

- Якщо кореляція дорівнює 1, активи поведуть себе повністю однаково.
- Якщо 0 - активи не мають взаємозв'язку.

- Якщо (-1) - доходності змінюються у протилежних напрямках.

Ідеальна диверсифікація теоретично можлива лише тоді, коли активи мають негативну кореляцію, але навіть часткова відсутність кореляції сприяє зменшенню ризику. Саме на цьому базуються стратегічні концепції asset allocation - поділу активів у портфелі за класами (акції, облігації, нерухомість, грошові ринки тощо).

Одним із основних завдань фінансового аналізу є визначення співвідношення ризику та доходності активів, що дозволяє приймати обґрунтовані інвестиційні рішення. Модель оцінювання капітальних активів (САРМ), розроблена Вільямом Шарпом у 1964 році [6], стала основною теоретичною базою для аналізу ризиків і доходностей інвестицій. Вона дозволяє оцінити очікувану доходність активу з урахуванням його ризику та впливу ринкових факторів.

Модель САРМ передбачає, що очікувана доходність активу визначається трьома основними компонентами:

1. Безризикова ставка ( $R_f$ )
2. Ринкова премія за ризик ( $R_m - R_f$ )
3. Бета-коефіцієнт ( $\beta$ ), що визначає чутливість активу до ринку

Математично:

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

Ця модель дозволяє оцінити, чи виправдано інвестор отримує певний рівень доходності за наявного ризику. Проте, САРМ має низку обмежень, зокрема, припущення про ефективність ринку, відсутність податків і транзакційних витрат. Ці обмеження призвели до розробки альтернативних або розширених моделей.

У традиційному фінансовому аналізі оцінка співвідношення ризику і доходності довгий час базувалась на моделі САРМ. Проте реалії сучасного ринку, зокрема зростаюча складність інвестиційних інструментів і посилення зовнішніх макроекономічних впливів, стимулювали розвиток більш гнучких і багатовимірних моделей. У цьому контексті особливу роль відіграють багатofакторні моделі, які дозволяють врахувати широкий спектр впливів на поведінку активів [7].

Стівеном Росом запропонував альтернативу відомій моделі САРМ – Arbitrage Pricing Theory (APT), яка згодом стала відомою. На відміну від САРМ, ця модель не

обмежується лише одним фактором - ринковою премією за ризик, вона включає кілька макроекономічних змінних: темпи інфляції, економічне зростання, процентні ставки, валютні курси тощо. Такий підхід дозволяє набагато гнучкіше моделювати дохідність активів, зважаючи на специфіку ринку або галузі, та краще враховує взаємозв'язки між глобальними факторами [7].

Іншим важливим кроком у розвитку багатфакторного аналізу стала модель Fama-French (1993), яка розширила базову CAPM шляхом додавання двох факторів: розміру компанії (SMB - small minus big), цей фактор відображає дохідність малих компаній порівняно з великими, та розраховує співвідношення балансової і ринкової вартостей. Фактор HML (high minus low) відображає яку премію отримає інвестор за інвестування в недооцінені компанії. Згодом модель була розширена до п'ятифакторної, включивши прибутковість (RMW - robust minus weak) та інвестиційні витрати компанії (CMA - conservative minus aggressive), що дозволило ще краще пояснювати поведінку дохідностей акцій, особливо на нестабільних ринках, наприклад таких як ті, що розвиваються [12].

Поряд із класичними теоріями, сучасне портфельне управління дедалі частіше звертається до альтернативних підходів, зокрема поведінкових фінансів. Цей напрям поєднує фінансову теорію з психологією прийняття рішень, визнаючи, що інвестори не завжди діють раціонально [13]. Наприклад, існує ефект відрази до втрат (loss aversion) який пояснює поведінку, коли інвестори сильніше реагують на отримані втрати, ніж на отримані еквівалентні прибутки, це безпосередньо впливає на структуру портфеля та здатність приймати об'єктивні рішення. До інших поширених когнітивних викривлень належать надмірна самовпевненість, ефект якоря, стадне мислення та короткострокове мислення, які також негативно впливають на оцінку ризику й інвестиційні стратегії [14].

У відповідь на ці психологічні аспекти виникають нові моделі побудови портфеля. Наприклад, Post-Modern Portfolio Theory (PMPT) пропонує використовувати semivariance замість стандартного відхилення як міру ризику. Semivariance враховує лише "негативну" волатильність - тобто ті коливання, які призводять до втрат. Це дозволяє краще адаптувати моделі до реального мислення

інвестора, який зазвичай набагато більше боїться збитків, ніж прагне надвисоких прибутків.

Модель Black–Litterman є важливим інструментом сучасного портфельного управління, вона поєднує об'єктивні ринкові очікування (наприклад, ті, що випливають з CAPM) із суб'єктивними поглядами інвестора на перспективи окремих активів або секторів. Це створює можливість формувати збалансовані портфелі, які краще відповідають поточному ринковому середовищу, індивідуальним очікуванням, а також рівню ризик-апетиту [10].

Мультифакторні моделі та поведінкові фінанси не замінюють традиційні теорії, а суттєво доповнюють їх, дозволяючи краще моделювати реальні інвестиційні рішення в умовах інформаційної неоднорідності та психологічної невизначеності. Вони сприяють глибшому аналізу ризиків, точнішому формуванню портфелів відповідно до профілю інвестора та більш гнучкому управлінню активами в умовах мінливого ринкового середовища. Зі зростанням ролі великих даних і фінансових технологій, сучасне портфельне управління дедалі більше набуває форми інтегрованої системи, що базується на поєднанні кількісного аналізу, машинного навчання та розуміння поведінкових моделей [15].

### **1.3. Поняття ESG-факторів**

Моделювання інвестиційного портфеля є одним із ключових етапів стратегічного управління активами, особливо в умовах високої ринкової турбулентності та впливу багатьох факторів. Традиційні підходи, зокрема класична портфельна теорія Марковіца, фокусуються насамперед на фінансових метриках - доходності, ризику, ліквідності, кореляції активів [17]. Проте з початком глобального ESG-зрушення [16], яке акцентує увагу інвесторів на екологічних, соціальних і управлінських аспектах, такі методи вимагають переосмислення. У відповідь на ці виклики, сучасне портфельне моделювання дедалі активніше інтегрує нефінансові чинники через використання багатовимірних аналізів, що дозволяє створювати збалансовані, стійкі та відповідальні інвестиційні портфелі [18].

Одним із найефективніших інструментів у цьому контексті є кластерний аналіз. Він дозволяє не лише зменшити складність обробки великих масивів фінансових та

нефінансових даних, а й виявити приховані закономірності, які неочевидні при традиційних методах. За допомогою кластеризації можна структурувати компанії за подібними профілями ESG-складових (екологічна ефективність, соціальні ініціативи, корпоративне управління), фінансових показників та ринкової поведінки. Наприклад, групування енергетичних компаній за критеріями екологічної відповідальності та ризику дозволяє формувати портфелі, орієнтовані як на традиційних інвесторів (з фокусом на дохідності), так і на відповідальних (які надають перевагу високим ESG-рейтингам) [16].

Поняття ESG (Environmental, Social, Governance) вперше систематизовано у звіті ООН "Who Cares Wins" у 2004 році, що започаткував світову практику інтеграції нефінансових факторів в інвестування. Екологічні чинники (Environmental) охоплюють викиди CO<sub>2</sub>, управління відходами, політику кліматичної адаптації. Соціальні (Social) - стосуються прав людини, охорони праці, рівності та інклюзивності. Управлінські (Governance) - включають прозорість, етичні практики, антикорупційні політики, відповідальність керівництва [19]. ESG є мультидисциплінарною системою оцінювання, яка поєднує елементи економіки, екології та соціальних наук, забезпечуючи цілісну оцінку компаній [20].

Історично ESG-фактори вважались другорядними, однак з початку 2010-х років вони набули важливого значення. Екологічні катастрофи, протести за соціальну справедливість та фінансові скандали стали каталізаторами переосмислення ролі нефінансових ризиків [17]. Сьогодні доведено, що ESG-фактори мають передбачувальну силу щодо довгострокової стабільності бізнесу. Вони виявляють потенційні загрози, які не знаходять відображення у фінансовій звітності, наприклад, можливі санкції за шкоду довкіллю чи ризики репутаційних втрат [17].

У відповідь на ці виклики сформувалися різноманітні підходи до ESG-інтеграції у портфельний процес:

- ESG скринінг представляє собою оцінку компаній за відповідністю певним ESG-критеріям. Існує негативний (виключення компаній з високими ризиками - тютюнові, зброярські, вугільні підприємства) та позитивний (відбір ESG-лідерів) скринінг [18].

- Інтеграція у фундаментальний аналіз відбувається коли ESG-фактори аналізуються разом із фінансовими показниками (ліквідність, прибуток, мультиплікатори), що дозволяє комплексно оцінити довгостроковий потенціал компанії [16].
- Тематичне інвестування фокусується на напрямки, що підтримують сталий розвиток, як-от зелена енергетика, циркулярна економіка, сталий транспорт [18].
- Активне управління є процесом, коли інвестори безпосередньо впливають на ESG-стратегію компанії через діалог, голосування, участь у формуванні політик [16].

Для забезпечення прозорості у звітності сформовано глобальні стандарти ESG-розкриття:

- GRI (Global Reporting Initiative) – міжнародний стандарт, який став основою для складання нефінансової звітності. В ньому акцентується увага на універсальності підходів та принципах сталого розвитку. [21].
- SASB (Sustainability Accounting Standards Board) – стандарти, розроблені з урахуванням специфіки окремих галузей та орієнтовані на виявлення ESG-ризиків, важливих для прийняття інвестиційних рішень [21].
- TCFD (Task Force on Climate-related Financial Disclosures) - це рекомендації, що дають компаніям змогу структуровано аналізувати вплив кліматичних змін на свій бізнес і відкрито інформувати про пов'язані з цим ризики та можливості. [22].
- SFDR (Sustainable Finance Disclosure Regulation) – регламент, який був запроваджений у ЄС і вимагає від фінансових організацій відкрито звітувати про те, як вони враховують екологічні, соціальні та управлінські фактори у своїй діяльності [22].
- CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) - це нова європейська директива, яка значно розширює перелік компаній, що зобов'язані розкривати інформацію про свою сталу діяльність, а також підвищує вимоги до якості та обсягу такої звітності [55].

- EU Taxonomy Regulation – це регулювання встановлює чіткі вимоги щодо видів економічної діяльності та чи можуть вони вважатися екологічно сталими в рамках Європейського Союзу [26].

Однак попри стандартизацію, оцінка ESG все ще залишається неоднозначною через варіативність підходів різних агентств. Наприклад, рейтинги від MSCI, Sustainalytics, Refinitiv або Bloomberg можуть суттєво відрізнятись для однієї й тієї ж компанії. Це зумовлено відмінностями у джерелах даних, вагових коефіцієнтах, а також ступенем суб'єктивності аналітиків. Така низька кореляція між рейтингами створює труднощі для інвесторів [21].

акож набуває поширення явище, відоме як "greenwashing" [23] - це коли компанії навмисно прикрашають свої звіти про сталий розвиток, щоб створити позитивний імідж, не маючи реальних досягнень у сфері ESG. Тому зростає інтерес до використання альтернативних джерел та інструментів, зокрема, машинного навчання для обробки даних із соцмереж, новинних стрічок, супутникових знімків, відгуків споживачів. Інвестори створюють власні внутрішні ESG-моделі, які комбінують якісні оцінки, кількісну аналітику та поведінкові патерни [22].

Таким чином, ESG-моделювання портфеля не лише збагачує класичні підходи новими параметрами, а й виводить інвестування на якісно новий рівень - відповідальний, довгостроковий та адаптивний до викликів сучасного світу.

## **РОЗДІЛ 2. Енергетичні компанії в системі інвестиційних процесів**

### **2.1. Енергетичні компанії на сучасному ринку**

Енергетичний сектор є одним із найважливіших елементів глобальної економіки, оскільки забезпечує функціонування виробничих, логістичних та побутових систем. У структурі інвестиційного портфеля компанії енергетичного сектору посідають стратегічне місце через свою капіталомісткість, вплив на інші галузі та схильність до циклічних і політичних ризиків [24].

З точки зору інвестора, енергетичні активи поєднують високу волатильність із потенційно значною доходністю, а також є потужним індикатором макроекономічних трендів [25]. Енергетичні компанії традиційно відіграють ключову роль у формуванні прибуткових портфелів, однак останніми роками зростає увага до нефінансових аспектів їхньої діяльності, насамперед у контексті ESG (Environmental, Social, Governance) [26].

Енергетичні компанії займаються видобутком, виробництвом, розподілом та продажем енергії. Вони є основними гравцями на ринку енергетичних ресурсів, і до їх діяльності входить виробництво електричної енергії, постачання газу та нафти, а також відновлювальних джерел енергії (сонячної, вітрової, гідроенергії, біоенергетики тощо) [24].

У сучасних умовах ці компанії відіграють роль не лише постачальників енергії, а й інноваційних агентів трансформації економіки. Сучасні енергетичні компанії займаються розробкою та впровадженням новітніх технологій у галузі енергетики, таких як смарт-мережі та енергоефективні рішення, що дозволяють оптимізувати використання енергетичних ресурсів і зменшити викиди.

Слід зазначити, що значення енергетичних компаній вийшло за межі національних економік. У глобалізованій економіці вони визначають геополітичний баланс, впливають на кліматичну політику, беруть участь у формуванні нових міжнародних альянсів [24]. Структура енергетичних компаній включає як великі транснаціональні корпорації (наприклад, Shell, ExxonMobil, BP), так і більш спеціалізовані компанії, що працюють у сфері відновлювальних джерел енергії, як-от NextEra Energy, Vestas.

Сучасні енергетичні компанії умовно поділяються на кілька основних категорій [24]:

- Традиційні енергетичні компанії – компанії, які безпосередньо займаються видобутком нафти, газу та вугілля, а також виробництвом електроенергії на основі викопних джерел.
- Компанії з відновлювальних джерел енергії – компанії, які фокусуються на розвитку сонячної, вітрової, гідро- та біоенергетики.
- Технологічні енергетичні компанії – це категорія компаній, які спеціалізуються на створенні інноваційних продуктів у сфері енергозбереження, смарт-мереж, розподіленої генерації.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), енергетика є однією з найбільших за обсягом капіталізації галузей у світі. На початку 2023 року капіталізація найбільших енергетичних компаній перевищила \$5 трлн, що робить її однією з ключових галузей для стратегічних інвестицій [26].

Згідно з аналітичними звітами GlobalData [54], хоча нафтогазові компанії залишаються домінантами ринку, частка інвестицій у відновлювальні джерела енергії стабільно зростає на 10–15% щорічно. Це свідчить про трансформацію енергетичного ландшафту у бік більшої сталості та зниження залежності від викопних ресурсів.

Станом на 2022 рік загальні глобальні інвестиції в енергетику перевищили \$1,5 трлн, з яких понад 40% спрямовано на відновлювальні джерела. У 2023 році було встановлено понад 180 ГВт потужностей відновлювальних джерел енергії, що є рекордним показником в історії цієї галузі [26].

За прогнозами Енергетичної інформаційної адміністрації США (EIA), у 2022 році майже 29% світового виробництва електроенергії забезпечували відновлювальні джерела енергії, з особливо активним розвитком сонячної та вітрової генерації. Очікується, що до 2040 року ця частка зросте до 50%, кардинально змінивши структуру енергетичного ринку [26].

У XXI столітті енергетичні компанії зіштовхуються з безпрецедентними викликами [28], пов'язаними з кліматичними загрозами, геополітикою та технологічною революцією [29].

На цьому тлі формуються нові довгострокові тренди:

- Перехід до декарбонізації - дедалі більше компаній та країн зобов'язуються досягти вуглецевої нейтральності [27]. Європейський Союз, у межах програми European Green Deal, ставить амбітну мету досягнення нульових викидів CO<sub>2</sub> до 2050 року, що вимагає від енергетичних компаній масштабних реформ [30].
- Диверсифікація джерел енергії - традиційні компанії, що орієнтувались на викопні джерела, активно диверсифікують бізнес, інвестуючи у відновлювальні джерела енергії, зберігання енергії, зелені облигації та інші ESG-сумісні інструменти [29].
- Цифровізація та автоматизація - використання технологій смарт-мереж, IoT-рішень, Big Data та AI, що дозволяє оптимізувати управління енергосистемами, підвищити ефективність та адаптивність до попиту. Ці процеси формують новий тип енергетичних компаній - "цифрових" гравців енергоринку.

Як результат, енергетичний сектор перетворюється на лабораторію сталого інвестування, де поєднуються класичні фінансові інструменти з інноваційними підходами до нефінансового аналізу. Саме через ESG-призму інвестори оцінюють компанії не лише за прибутковістю, а й за їх внеском у довготривалу стабільність, соціальну відповідальність та екологічну безпеку [25]. Це робить енергетичний сегмент не лише важливим з економічної точки зору, а й чутливим індикатором глобальних змін у світі інвестицій [26].

## **2.2. Роль енергетичних компаній у структурі портфелів**

У сучасному інвестиційному середовищі енергетичні компанії відіграють надзвичайно важливу роль, формуючи фундамент для довгострокових стратегій управління капіталом. Завдяки своїй фінансовій стабільності, високому рівню ліквідності та тісному зв'язку з базовими економічними процесами, енергетичні компанії традиційно включаються до складу диверсифікованих інвестиційних портфелів, забезпечуючи стратегічну підтримку для інституційних та приватних інвесторів [31]. Їхня капіталомісткість, геополітична значущість, а також вплив на

функціонування суміжних галузей робить енергетичний сектор одним з ключових елементів у формуванні захищених і збалансованих портфелів.

Окрім прибутковості, енергетичні компанії виконують важливу функцію хеджування ризиків, особливо у періоди економічної нестабільності. Згідно з аналітичними спостереженнями, акції провідних енергетичних корпорацій часто демонструють вищу ринкову стійкість у порівнянні з іншими секторами економіки, завдяки довгостроковим контрактам, стабільному попиту на енергоносії та підтримці з боку держави [32]. Цей ефект особливо виражений у випадку компаній, які контролюють критично важливу інфраструктуру або мають стратегічне значення для енергетичної безпеки регіону.

З точки зору диверсифікації, включення енергетичних активів у портфель дозволяє суттєво знизити загальні інвестиційні ризики. Це пов'язано з тим, що дохідність енергетичних компаній має порівняно низьку кореляцію з доходністю активів з інших галузей, зокрема ІТ, споживчого сектору чи нерухомості. Таким чином, інвестори можуть досягти збалансованого співвідношення між потенціалом зростання та захистом капіталу навіть у нестабільних макроекономічних умовах. Великі енергетичні корпорації мають достатню фінансову стійкість і ресурси для адаптації до ринкових шоків, що підтверджується прикладами успішного функціонування таких компаній у періоди глобальної турбулентності [33].

Однією з ключових переваг енергетичних компаній для довгострокового інвестора є їхня здатність забезпечувати стабільний грошовий потік і регулярні дивідендні виплати. Це є надзвичайно привабливим для таких учасників ринку, як пенсійні фонди, страхові компанії, сімейні офіси та приватні інвестори, орієнтовані на помірний ризик і стале зростання капіталу. Провідні компанії галузі, зокрема ExxonMobil, Chevron, BP, вже тривалий час демонструють стійку прибутковість і безперервну дивідендну політику, яка виступає інструментом фінансової стабільності для портфельних стратегій із низькою толерантністю до волатильності [36].

Зі зростанням глобального тиску на декарбонізацію економіки, енергетичні компанії активізували свої зусилля щодо трансформації бізнес-моделей у напрямку

відновлювальної енергетики. Компанії, такі як Shell, BP, TotalEnergies, активно інвестують у нові джерела енергії - сонячну, вітрову, гідроенергетику та водневі технології, створюючи нові джерела доходу паралельно з поступовим скороченням залежності від традиційного видобутку [34]. У результаті вони еволюціонують у гібридні структури, що поєднують стабільність традиційного енергетичного бізнесу з інноваційністю та зростаючою прибутковістю зеленого сегмента.

На цьому фоні посилюється інтерес до компаній, що спеціалізуються виключно на відновлюваних джерелах енергії. Згідно з останніми дослідженнями, такі гравці ринку, як NextEra Energy (США) чи Vestas (Данія), продемонстрували приріст ринкової капіталізації на 30–40% вищий, ніж у традиційних нафтогазових компаній за останнє десятиліття, що свідчить про переорієнтацію інвестиційних стратегій на користь сталого розвитку [35]. Важливу роль у цьому процесі відіграють урядові субсидії, пільгове кредитування та створення спеціальних інвестиційних програм, які стимулюють зростання галузі та підвищують її інвестиційну привабливість.

Крім безпосередніх інвестицій у "зелені" компанії, зростає популярність таких інструментів, як зелені облігації та ESG-фонди. Ці фінансові продукти дозволяють інвесторам не лише досягати бажаної дохідності, але й реалізовувати нефінансові цілі, пов'язані з екологічною, соціальною відповідальністю та якістю корпоративного управління. Такі інструменти особливо активно використовуються інституційними інвесторами, міжнародними банками розвитку та урядовими структурами, які дедалі частіше інтегрують ESG-фактори в модель прийняття інвестиційних рішень [35]. Включення зелених активів у портфель сприяє підвищенню його інвестиційної стійкості та узгодженню з глобальними цілями сталого розвитку, закріпленими у програмах ООН, ЄС і Міжнародної енергетичної агенції.

Таким чином, роль енергетичних компаній у структурі інвестиційного портфеля змінюється відповідно до глобальних викликів і нових інвестиційних парадигм. Сектор зберігає традиційну функцію джерела стабільного доходу, водночас виступаючи майданчиком для реалізації інноваційних стратегій сталого розвитку, що

поєднують фінансову дохідність із екологічною ефективністю та соціальною відповідальністю.

### 2.3. ESG фактори в портфельному підході

У сучасних умовах розвитку фінансових ринків, де зростає увага до сталого розвитку, інтеграція ESG-факторів (екологічних, соціальних та управлінських) у портфельне управління енергетичними компаніями набуває стратегічного значення. Такий підхід дозволяє не лише досягти фінансових цілей, але й враховувати нефінансові ризики, які все частіше впливають на ринкову капіталізацію компаній, інвестиційну привабливість і довгострокову стійкість бізнесу. Включення ESG-факторів у процес прийняття інвестиційних рішень сприяє зниженню ризиків, пов'язаних із негативними екологічними подіями, соціальними конфліктами чи неефективним управлінням [38].

Першим із трьох ключових вимірів ESG є екологічний фактор (Environmental). В енергетичному секторі цей компонент має критичне значення, оскільки компанії є одними з головних джерел викидів парникових газів і промислових забруднень. Зростання міжнародного тиску з боку регуляторів, інвесторів і споживачів стимулює компанії до зниження викидів CO<sub>2</sub>, оптимізації використання ресурсів та переходу до "чистих" технологій. Багато провідних енергетичних корпорацій таких як Enel, Orsted чи Iberdrola, активно інтегрують принципи сталого розвитку у свої бізнес-моделі, інвестуючи у відновлювану енергетику, екологічно безпечну інфраструктуру та системи управління вуглецевим слідом [37]. Такий підхід не лише знижує екологічні ризики, але й підвищує конкурентоспроможність компаній у довгостроковій перспективі.

Соціальний компонент (Social) також відіграє важливу роль в оцінці інвестиційної привабливості енергетичних компаній. Він охоплює широкий спектр питань — від дотримання прав працівників і забезпечення охорони праці до залучення місцевих громад у процес прийняття рішень. Компанії, які реалізують прозорі політики щодо соціальної відповідальності, здатні формувати позитивну репутацію та уникати конфліктів, що можуть призвести до судових позовів, штрафів або втрати ліцензій. З огляду на те, що енергетичні проєкти часто реалізуються у

соціально вразливих або віддалених регіонах, дотримання соціальних стандартів є ключовим фактором сталого зростання та мінімізації операційних ризиків [39].

Управлінський компонент (Governance) визначає якість корпоративного управління, прозорість фінансової звітності, дотримання етичних стандартів та рівень контролю за корупційними ризиками. В енергетичній галузі, яка характеризується високими капіталовкладеннями та довгостроковими зобов'язаннями, наявність ефективної системи управління має вирішальне значення для забезпечення стабільного прибутку та довіри з боку інвесторів. Дотримання принципів доброго корпоративного управління дозволяє уникати скандалів, надає змогу забезпечити контроль за витратами та ефективно реалізовувати стратегічні цілі компанії. У цьому контексті важливою є прозорість у розкритті ESG-звітності та незалежність органів нагляду [37].

Аналіз поточних трендів у галузі підтверджує, що ESG-фактори не лише знижують ризики, а й можуть виступати джерелом додаткової прибутковості. Дослідження показують, що компанії, які інтегрували ESG-принципи у свою операційну діяльність, у середньому демонструють вищу рентабельність та меншу волатильність акцій. Наприклад, за останні роки акції компаній, що спеціалізуються на відновлюваній енергетиці, зросли в середньому на 30% більше, ніж акції традиційних енергетичних корпорацій. Ця тенденція пояснюється як структурними змінами у глобальній економіці, так і активною підтримкою з боку інституцій [41].

Особливу увагу до ESG-інструментів приділяють великі інвестиційні фонди. Згідно зі звітами MSCI, у 2022 році фонди, орієнтовані на ESG-принципи, показали кращу динаміку порівняно з традиційними інвестиційними стратегіями в енергетиці, особливо в умовах підвищеної ринкової нестабільності та регуляторного тиску [42]. Це підтверджує зростаючу значущість нефінансових критеріїв при формуванні портфелів у секторі енергетики.

Загалом, інтеграція ESG-факторів у портфельне управління дозволяє забезпечити як стійке фінансове зростання, так і відповідність цінностям сталого розвитку. Як підкреслюється у магістерській роботі Карла Елкяера [37], врахування ESG-метрик не лише знижує волатильність портфеля, але й формує довіру з боку

інвесторів, що є критично важливим в умовах глобальної трансформації ринкових стандартів, посиленням регуляцій та тиску з боку урядів і споживачів разом зі зростанням екологічної відповідальності.

У сучасному фінансовому аналізі дедалі більшого значення набувають нефінансові критерії, що відображають екологічні, соціальні та управлінські характеристики компаній, відомі як ESG-фактори (Environmental, Social, Governance). Ці фактори стають невід'ємною складовою комплексної оцінки активів, дозволяючи інвесторам краще розуміти ризики та потенціал з урахуванням стійкості бізнес-моделей. Зростання попиту на сталі інвестиції підтверджується активним розвитком ESG-фінансових інструментів, включно з "зеленими" облігаціями та спеціалізованими фондами [37].

Інтеграція ESG-метрик у портфельне моделювання є складним, проте важливим завданням, що потребує глибокого теоретико-методологічного обґрунтування і застосування сучасних аналітичних методів. У цьому розділі розглядаються ключові підходи до побудови ESG-орієнтованих інвестиційних портфелів із використанням кластерного аналізу, який допомагає ідентифікувати природні групи активів за їх багатовимірними характеристиками [37].

Інтеграція ESG-факторів у процес прийняття інвестиційних рішень може здійснюватись кількома шляхами. Згідно з дослідженням Carl Jonas Elkjær (2023), існує три основні підходи: негативне виключення, позитивний відбір та повна інтеграція ESG у фінансову модель. Негативне виключення передбачає вилучення компаній, що не відповідають мінімальним ESG-критеріям, наприклад, у галузях викопного палива або тютюнової промисловості [37]. Позитивний відбір зосереджується на виборі компаній із найвищими ESG-показниками у відповідній галузі. Але найбільш комплексним є підхід повної інтеграції, коли ESG-метрики розглядаються на рівні з класичними фінансовими показниками, такими як ризик і очікувана дохідність. Цей підхід підтримується, зокрема, у звітах CFA Institute (2021) та дослідженнях Friede, Busch & Bassen (2015), які підтверджують позитивний зв'язок між якісною ESG-політикою компаній і довгостроковою фінансовою результативністю [37]. Окрім вищезазначених, існують ще 3 додаткових підходи.

Тематичне інвестування передбачає фокусування інвестицій на певних аспектах сталого розвитку. Наступним є активне впливання, воно полягає в тому, що інвестори не лише обирають компанії, але й активно взаємодіють з ними з метою покращення їх ESG-практики, що в довгостроковій перспективі може підвищити ринкову вартість компаній. Останнім підходом є інвестиції впливу, які мають на меті не тільки отримання фінансового прибутку, але й досягнення конкретного соціального чи екологічного ефекту, який можна виміряти [37].

Для формування багатовимірною простору характеристик енергетичних компаній було обрано п'ять ключових показників. Перш за все, це стандартне відхилення тижневої доходності, яке служить класичним індикатором волатильності та ризику портфеля. Другий показник - середня тижнева доходність за період 2022–2023 років, що відображає потенційну вигоду від інвестицій [37]. Окрім фінансових метрик, важливу роль відіграють ESG-індикатори, які включають екологічний фактор (E), соціальні аспекти (S) та корпоративне управління (G). Екологічний фактор охоплює показники викидів, ефективність використання ресурсів та заходи зі зниження вуглецевого сліду. Соціальний аспект включає безпеку праці, права працівників і вплив компанії на місцеві громади. Управлінський фактор стосується прозорості, доброчесності та ефективності корпоративного управління [39].

Така п'ятикомпонентна структура дає змогу створити багатовимірний простір, у якому кожна компанія представлена точкою з координатами, що відображають одночасно ризик, доходність і три ESG-компоненти. Для коректного порівняння компаній та подальшого аналізу всі індикатори проходять нормалізацію за допомогою z-score стандартизації. Це знімає вплив різних шкал і масштабів вимірювання, що особливо актуально для ESG-даних, які часто мають обмежений діапазон (наприклад, від 0 до 1 або від 0 до 100), на відміну від фінансових показників, представлених у відсотках чи стандартних відхиленнях. Такий підхід широко застосовується у фінансовому машинному навчанні та кластерному аналізі [39].

Кластеризація виступає потужним інструментом для виявлення природних груп активів із подібними характеристиками без необхідності заздалегідь задавати

категорії. У цій роботі застосовується метод жорсткої кластеризації **k-means** [40], який передбачає однозначне віднесення кожного активу до лише одного кластеру. Такий підхід дозволяє чітко розділити компанії на групи з подібними характеристиками за критеріями ризику, доходності та ESG-показників. Метод k-means є одним із найбільш поширених і ефективних у задачах класифікації фінансових об'єктів, завдяки своїй простоті, швидкодії та здатності формувати кластерні структури, що добре піддаються інтерпретації. Він широко використовується у фінансовій аналітиці та інвестиційному моделюванні [40].

Для оцінки ефективності сформованих кластерів, які розглядаються як окремі ESG-портфелі, застосовуються два основних показники. Перший - Value-Added Weekly Index (VAWI), що відображає накопичену додану вартість портфеля на щотижневій основі, порівнюючи приріст капіталу з середнім ринковим індексом [41]. Цей індекс допомагає оцінити, наскільки ESG-портфель перевищує загальний ринок за прибутковістю. Другий показник - K-Ratio, запропонований Lhabitant у 2004 році [45], який враховує як доходність, так і стабільність портфеля. K-Ratio розраховується як відношення нахилу кривої капіталу до її стандартної помилки, що дозволяє оцінити адаптивність та ризикованість інвестиційної стратегії. Використання цих метрик забезпечує всебічну оцінку ESG-орієнтованих стратегій, акцентуючи увагу не лише на їхній прибутковості, а й на здатності витримувати ринкові коливання [41].

## **РОЗДІЛ 3. Кластерний підхід до моделювання портфеля в сегменті енергетичних компаній**

### **3.1. Поняття кластерного підходу до побудови портфеля**

У сучасних умовах фінансового ринку, що стрімко трансформується під впливом цифровізації, глобалізації та посилення регуляторного тиску, зростає значення інноваційних підходів до управління інвестиційними портфелями. Традиційні методи, такі як модель Марковіца або CAPM, які базуються переважно на історичних фінансових показниках і припущеннях про ефективність ринку, дедалі частіше виявляються недостатніми для адекватного відображення складності сучасних ринків. Це зумовлено, зокрема, появою нефінансових критеріїв оцінки активів (наприклад, ESG-факторів), збільшенням обсягів доступної інформації, а також змінами в інвестиційних пріоритетах, як з боку приватних, так і інституційних інвесторів. У цих умовах зростає потреба у нових підходах до аналізу, що є гнучкішими, адаптивнішими та здатними враховувати багатовимірність факторів. Одним із таких інструментів є кластерний підхід, який інтегрує в себе можливості машинного навчання, статистики та фінансової аналітики [43].

Кластеризація у фінансовому контексті виступає ефективним методом виявлення прихованих структурних зв'язків між активами. Її перевага полягає в здатності об'єднувати фінансові інструменти в гомогенні групи за множиною параметрів - як фінансових (доходність, волатильність, ліквідність), так і нефінансових (екологічні та соціальні ризики, стандарти корпоративного управління тощо). Таке групування дозволяє більш точно формувати диверсифіковані портфелі, які враховують різноманітність характеристик активів [44]. Особливої актуальності цей підхід набуває в умовах, коли інвестори дедалі частіше орієнтуються не лише на прибуток, а й на соціальну значущість і екологічну безпечність інвестицій [45].

Застосування кластерного аналізу в інвестиційній практиці стало можливим завдяки стрімкому розвитку цифрових технологій, включно з алгоритмами машинного навчання, глибинного аналізу та обробки великих масивів даних (Big

Data). Сучасні технічні можливості дозволяють в реальному часі обробляти складну інформацію про тисячі фінансових активів, що відкриває нові горизонти для персоналізованого портфельного моделювання [47]. Починаючи з 2000-х років, інституційні інвестори активно інтегрують інструменти кластеризації в системи управління активами, що дозволяє підвищити точність оцінки ризиків, покращити сегментацію ринку та оптимізувати алокацію капіталу [46].

Суть кластерного підходу полягає в класифікації фінансових об'єктів (акцій, фондів, компаній) за сукупністю релевантних ознак у групи (кластери), які мають внутрішню однорідність і зовнішню відмінність. Типові параметри для кластеризації охоплюють показники доходності, ризику, капіталізації, галузевої приналежності, ліквідності, а також, дедалі частіше, ESG-показники, які характеризують екологічну відповідальність, соціальні ініціативи та ефективність корпоративного управління [32]. На відміну від лінійних статистичних методів, кластеризація не обмежена припущеннями щодо нормальності розподілу даних або стабільності ринку, що робить її надзвичайно гнучким інструментом у змінному середовищі [33].

Важливою перевагою кластерного аналізу є його здатність працювати з неструктурованими, нечисловими та нечіткими даними, що часто є характерним для ESG-індикаторів. На відміну від класичних моделей (наприклад, Markowitz MPT), які оперують переважно історичними доходностями та дисперсіями, кластерний підхід дозволяє оцінювати активи з позиції етичних, репутаційних, регуляторних ризиків, що не піддаються традиційному математичному моделюванню [40].

Завдяки цьому сучасне ESG-орієнтоване моделювання поступово трансформує концептуальні основи інвестування: співвідношення “ризик–дохідність” доповнюється третьою віссю - “ESG-профіль”. Таким чином, у багатовимірному просторі інвестор аналізує не лише фінансову доцільність активу, а й його нефінансову сталість, прозорість і етичність [48]. Це відкриває нові можливості для побудови портфелів, які відповідають як економічним інтересам, так і суспільним очікуванням, політикам сталого розвитку та міжнародним стандартам ESG-звітності [49].

Практичне впровадження кластерного підходу в контексті ESG-факторів демонструє значний потенціал для підвищення ефективності портфельного інвестування.

Кластеризація в інвестиційному моделюванні виступає інструментом нового покоління, що дозволяє підвищити якість, гнучкість та етичну складову управління портфелями. Вона надає змогу виявляти глибші закономірності у поведінці фінансових активів, інтегрувати ESG-фактори в процес прийняття рішень та адаптуватися до постійно змінюваних умов глобального ринку. З урахуванням швидкого розвитку технологій і актуальності питань сталого розвитку, кластерний підхід має всі шанси стати ключовим елементом сучасної інвестиційної парадигми [43; 44].

### **3.2. Кластеризація енергетичних компаній за п'ятьма критеріями**

З метою практичної реалізації концепції інвестування з урахуванням ESG-факторів було здійснено моделювання портфеля на основі кластеризації енергетичних компаній. Цей підхід дозволяє не лише систематизувати наявні альтернативи, але й виявити приховані закономірності у структурі ринку енергетики шляхом одночасного врахування фінансових та нефінансових параметрів. Це особливо важливо в контексті сучасного інвестиційного середовища, де інтерес до ESG-залежностей зростає як серед інституційних інвесторів, так і серед регуляторів.

У рамках дослідження було відібрано енергетичні компанії, ринкова капіталазація яких сягає більше 40 мільярдів доларів США. [56]. Загалом було відібрано 57 компаній, для яких здійснено кластерний аналіз на основі п'яти ключових змінних: очікуваної дохідності, ризику (волатильності), а також трьох складових ESG - Environmental (E), Social (S) та Governance (G). Хронологічні рамки охоплюють період з січня 2022 року по грудень 2023 року, що дозволило зібрати 104 щотижневі спостереження для кожної компанії. Це створило надійне статистичне підґрунтя для об'єктивної оцінки поведінки активів у середньостроковій перспективі.

Фінансові метрики, які увійшли до моделі, включали середню тижневу дохідність (як показник очікуваного прибутку) та стандартне відхилення ціє

дохідності (як міру ризику). ESG-компоненти були отримані з відкритих джерел, зокрема з платформи LSEG. Оцінка компоненту Е охоплювала обсяг викидів CO<sub>2</sub>, ефективність використання ресурсів та інноваційну активність у сфері сталого розвитку, зокрема інвестиції в "зелені" проекти й енергоефективність. Компонент S враховує дотримання прав людини, гендерний баланс і ставлення до працівників, участь у соціально значущих ініціативах та відповідальність за якість і безпечність продукції. Компонент G оцінювався за критеріями прозорості корпоративного управління, дотриманням прав акціонерів та наявністю стратегії корпоративної соціальної відповідальності. Такий багатовимірний підхід дозволив врахувати як кількісні, так і якісні аспекти діяльності компаній.

З огляду на різноманітність одиниць виміру між ESG-рейтинговими шкалами (що, як правило, перебувають у межах від 0 до 100) та фінансовими показниками (що виражаються у відсотках або стандартних відхиленнях), усі п'ять змінних були нормалізовані за допомогою Z-стандартизації. Це дозволило звести показники до єдиного масштабу та уникнути домінування будь-якої змінної у процесі кластерного аналізу. Без цього кроку результат кластеризації міг бути викривленим і непридатним для подальшої інтерпретації.

Кластеризація була реалізована у середовищі Python з використанням модуля `scikit-learn`, який містить стандартну реалізацію алгоритму K-means. Алгоритм працює за принципом мінімізації відстаней між об'єктами та центрами кластерів у багатовимірному просторі.

У коді використовувались наступні основні етапи:

1. Імпорт бібліотек: `pandas`, `numpy`, `matplotlib.pyplot`, `seaborn`, `sklearn.preprocessing`, `sklearn.cluster`.
2. Зчитування та попередня обробка даних: очищення, перевірка на пропуски.
3. Нормалізація даних за допомогою `StandardScaler()`.
4. Побудова моделі K-means з різною кількістю кластерів.
5. Вибір оптимального значення k за допомогою графіка "лікоть" (elbow method).

Визначення оптимальної кількості кластерів здійснювалося за допомогою методу "лікоть" (elbow method), що полягає в аналізі графіка зміни

внутрішньокластерної дисперсії в залежності від кількості кластерів. На відповідному графіку було зафіксовано чіткий "лікоть" у точці  $k = 3$ , що свідчить про значне зниження дисперсії. Проте подальше зниження при  $k = 4$  також виявилось суттєвим і економічно обґрунтованим. Таким чином, було вирішено використовувати чотири кластери (1, 2, 3, 4), що дозволило зберегти баланс між узагальненням інформації та глибиною аналітичного розмежування.

На рис. 1. зображено результати розрахунку кількості кластерів за допомогою методу ліктя.

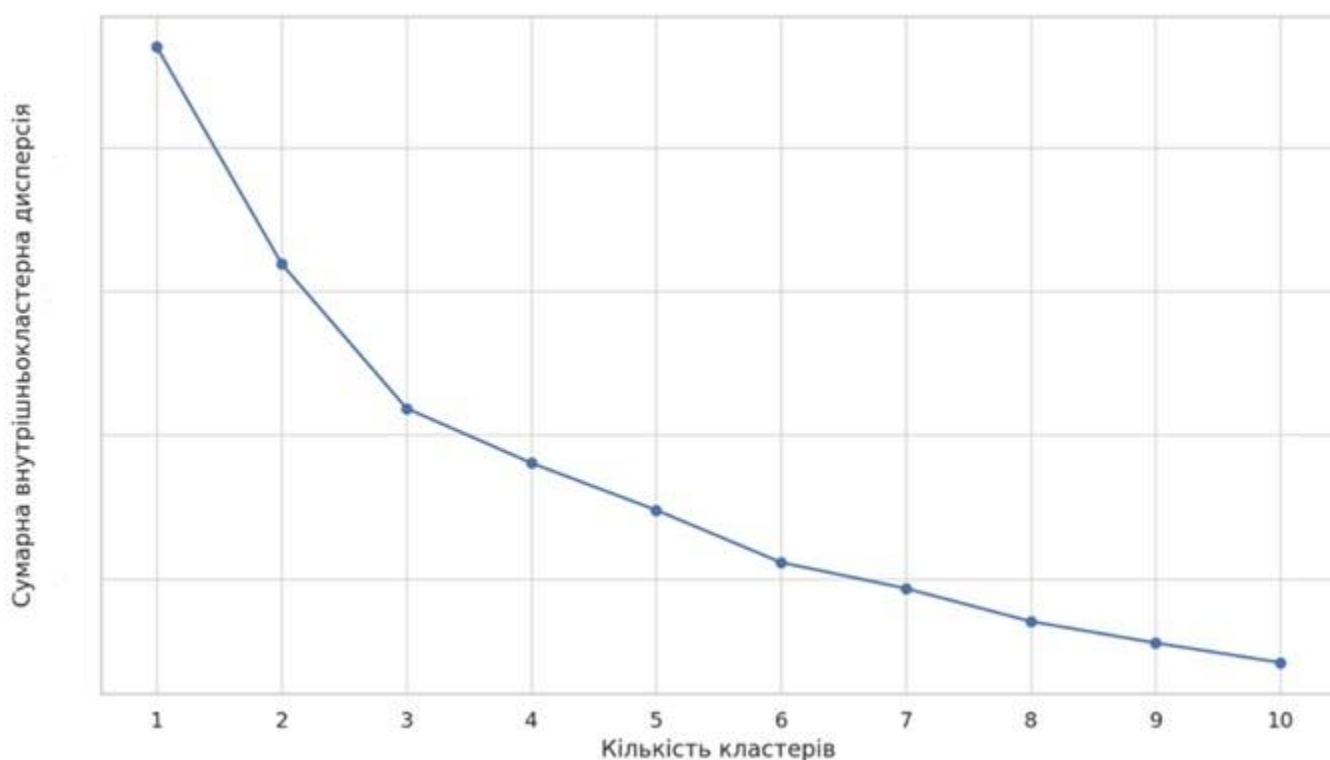


Рис. 1. Графік методу ліктя

*Джерело: розрахунки автора*

Результатом такого підходу стало створення структурованого простору, де кожна компанія віднесена до одного з чотирьох чітко визначених ESG-фінансових кластерів:

- Кластер 1 - компанії з високими ESG-показниками: ADNOC Gas, American Electric Power, Chevron, Consolidated Edison, Dominion Energy, Duke Energy, E.ON, National Grid, Nextera Energy, Oneok, Sinopec, Southern Company, Vistra, Williams Companies, Xcel Energy.

- Кластер 2 - компанії з помірними або низькими показниками ESG: Cheniere Energy, ConocoPhillips, Diamondback Energy, EOG Resources, Equinor, Exxon Mobil, Gazprom, Hess, LG Energy Solution, Lukoil, Marathon Petroleum, Novatek, Occidental Petroleum, Petrobras, Phillips 66, Rosneft, Schlumberger, Siemens Energy, Suncor Energy.
- Кластер 3 - компанії з слабкою ESG-стратегією: ACWA POWER Company, BP, Canadian Natural Resources, CNOOC, Constellation Energy, Energy Transfer Partners, Enterprise Products, MPLX, NTPC Limited, PetroChina, Saudi Aramco, TC Energy.
- Кластер 4 - збалансовані компанії з середніми ESG: China Shenhua Energy, Enbridge, Enel, ENGIE, ENI, Glencore, Iberdrola, Kinder Morgan, Sempra Energy, Shell, TotalEnergies.

Для глибшого аналізу побудовано теплову карту середніх значень усіх п'яти показників (рис. 2.). З неї випливає, що найбільш виразно відрізняється кластер 4. Компанії цієї групи мають найвищі значення за всіма трьома ESG-компонентами. Особливо високим є компонент Е - 88 балів, що майже вдвічі перевищує аналогічний показник у кластері 2. Примітно, що при високих нефінансових оцінках фінансові характеристики кластеру 4 є досить конкурентними, середній ризик становить 0.036, а середня дохідність - 0.0026.

У свою чергу, кластер 1 має найвищий рівень ризику (0.06) і високу прибутковість (0.0043), а кластер 2 - найвищу середню дохідність (0.0055) за помірною ризику, але мінімальні значення ESG. Кластер 0 знову ж таки підтверджує свою умовну "нейтральність", де має найнижчу прибутковість при середніх ризиках і середніх ESG-рейтингах.

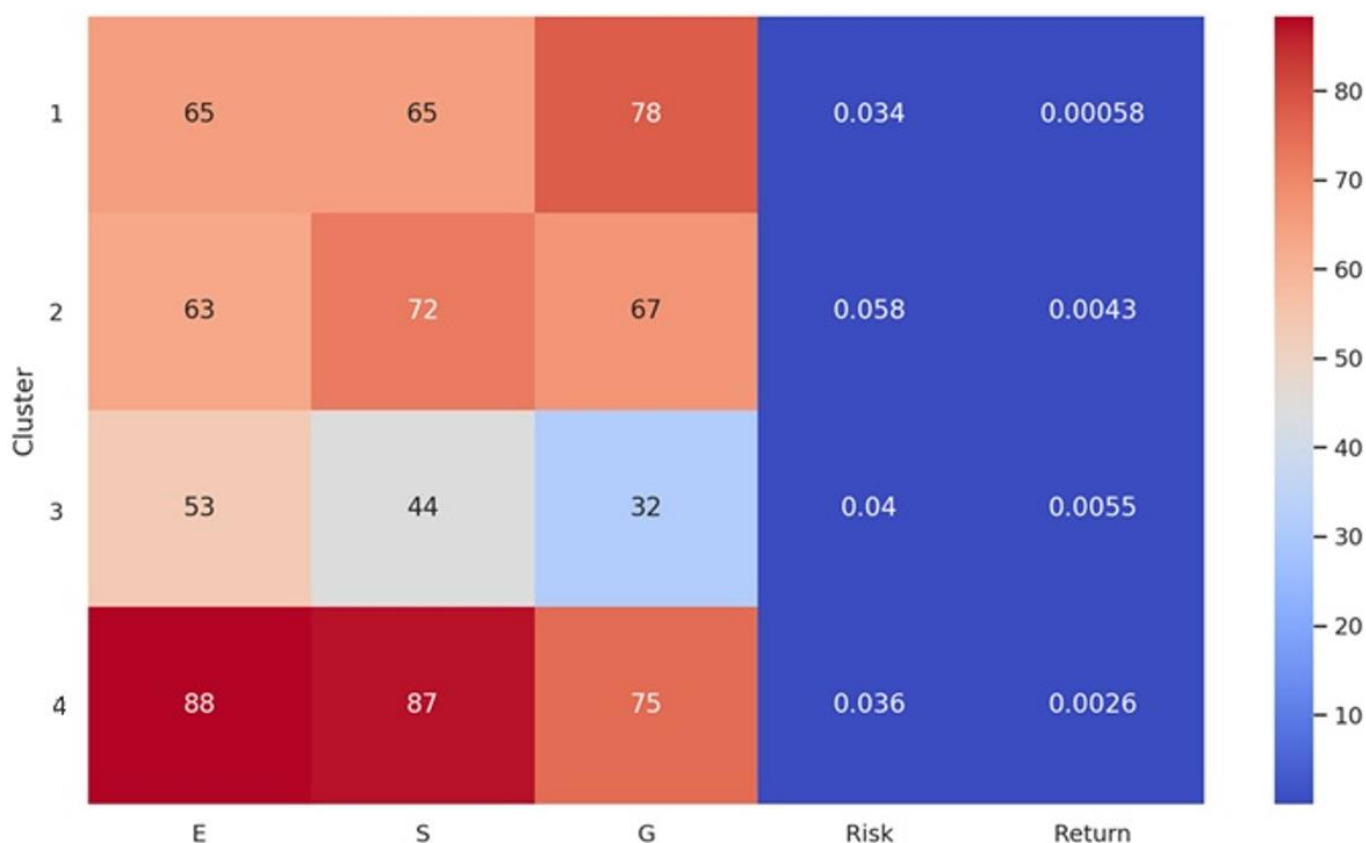


Рис. 2. Теплова карта середніх значень чотирьох кластерів

*Джерело: розрахунки автора*

На рис. 3. зображено просторовий розподіл компаній за двома фінансовими критеріями - очікуваною дохідністю та ризиком (стандартним відхиленням прибутковості). Чітко простежується позитивна кореляція між ризиком і дохідністю: компанії з вищим ризиком мають потенційно вищу прибутковість. Кластер 2 вирізняється найвищим рівнем ризику при високій дохідності, що притаманно для агресивних стратегій. Кластер 3 має трохи нижчий ризик, але демонструє ще вищу середню прибутковість, що може свідчити про потенційно недооцінені компанії. Кластер 4 займає помірну позицію як за ризиком, так і за прибутковістю, тоді як кластер 1 характеризується найнижчими значеннями дохідності при середньому рівні ризику.

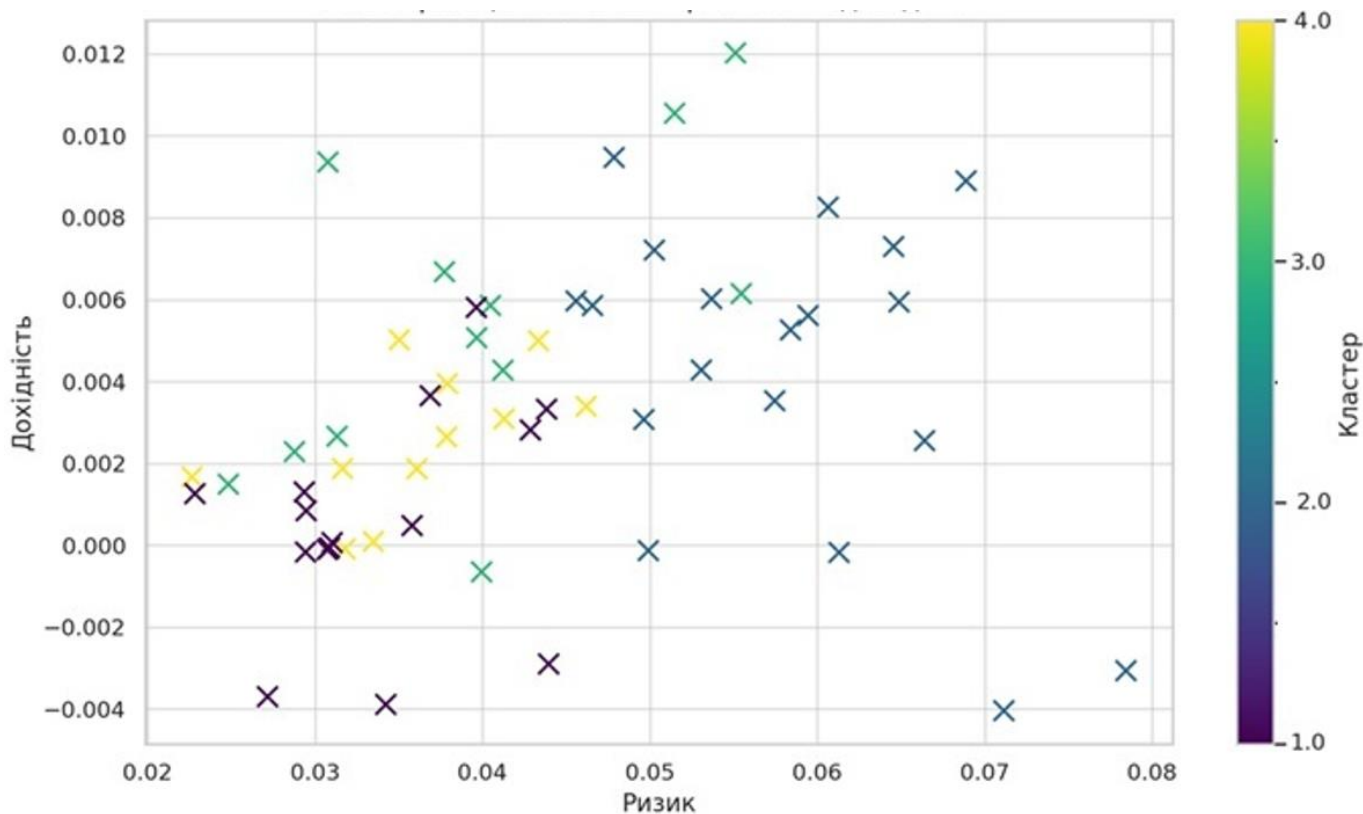


Рис. 3. Кластеризація компаній за ризиком та доходністю

*Джерело: розрахунки автора*

Для кращого розуміння загальної структури даних, побудовано теплову карту середніх значень усіх п'яти показників у розрізі кластерів. Найбільш виразно відрізняється кластер 4, в ньому усі три ESG-компоненти суттєво вищі, ніж у решти кластерів. Особливо високим є компонент Е - 88 балів, що майже вдвічі перевищує аналогічний показник у кластері 3. При цьому фінансові характеристики цього кластеру є стриманими, середній ризик на рівні 0.036, середня доходність - 0.0026. Кластер 1 вирізняється найвищим ризиком (0.058) та високою прибутковістю (0.0043), що робить його найбільш агресивним. Кластер 2 має найнижчий ESG-рейтинг (Е = 53, S = 44, G = 32), але демонструє найвищу середню прибутковість серед усіх груп - 0.0055 за помірною ризику. Кластер 1 вирізняється найнижчою прибутковістю при помірних ризиках і помірних значеннях ESG, що робить його умовно «нейтральним».

Для детальнішого аналізу всередині кожного кластеру побудовано боксплоти розподілу значень ESG-компонентів. На рис. 4. видно, що кластер 4 має не лише найвищу медіану, а й відносно вузький розмах значень, що свідчить про внутрішню

однорідність групи щодо екологічних показників. У кластері 3 спостерігається найнижча медіана та широкий інтервал між кватрилями, що вказує на нерівномірність якості компаній.

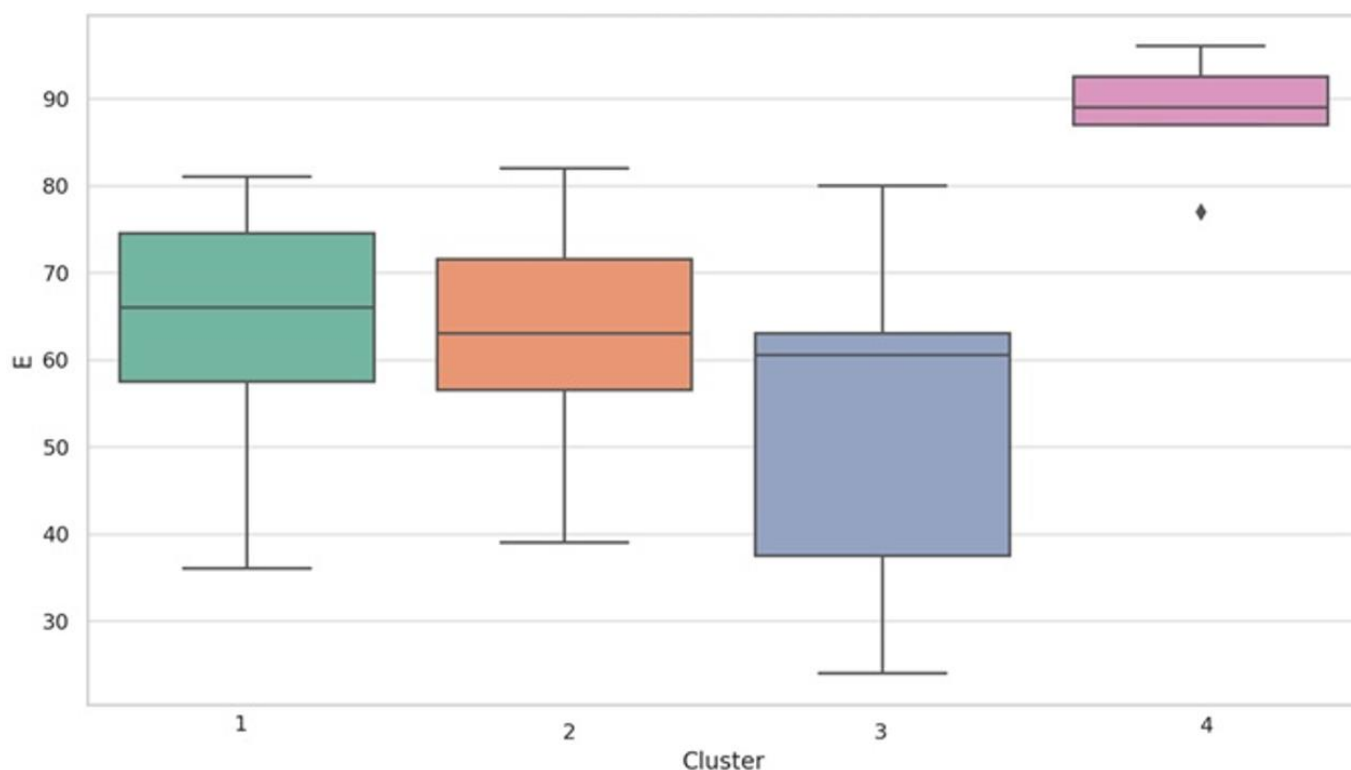


Рис. 4. Розподіл E фактору за кластерами

*Джерело: розрахунки автора*

Аналогічні висновки можна зробити з рис. 5. та рис. 6.. Кластер під номером 4 стабільно лідирує, тоді як кластер 3 демонструє слабкі та нестабільні результати. Кластер 2 має доволі високі значення за компонентом S, але помітно поступається за компонентом G. Кластер 1 демонструє високі значення за G, однак менші за E і S.

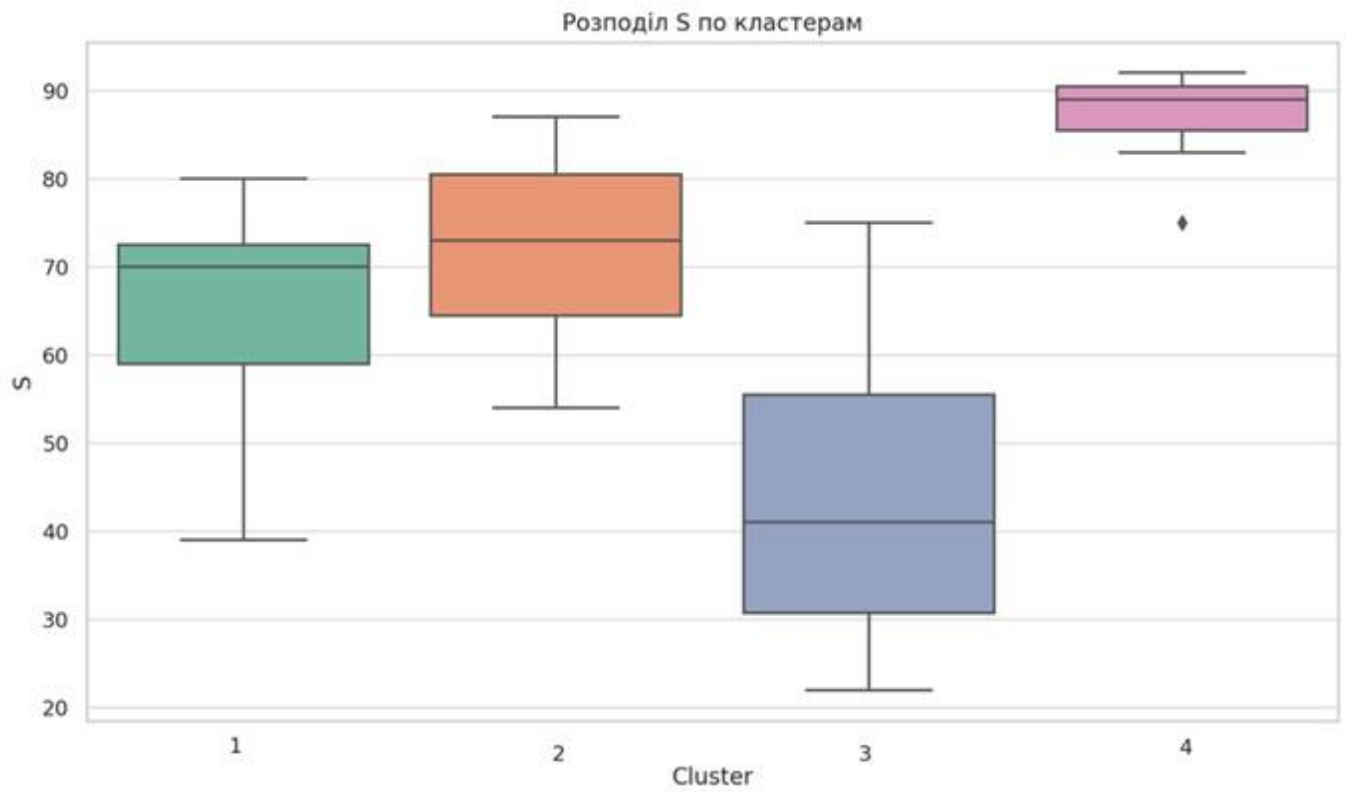


Рис. 5. Розподіл S фактору за кластерами

*Джерело: розрахунки автора*

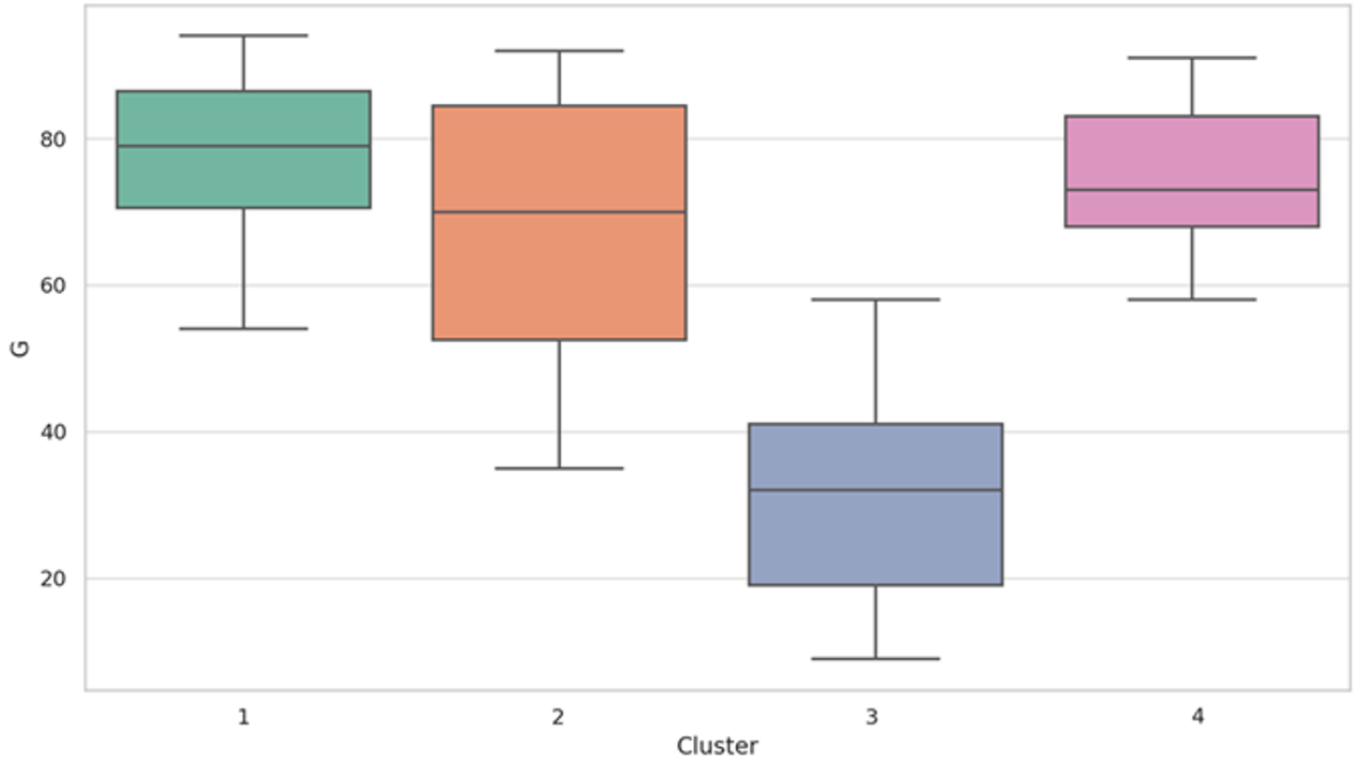


Рис. 6. Розподіл G фактору за кластерами

*Джерело: розрахунки автора*

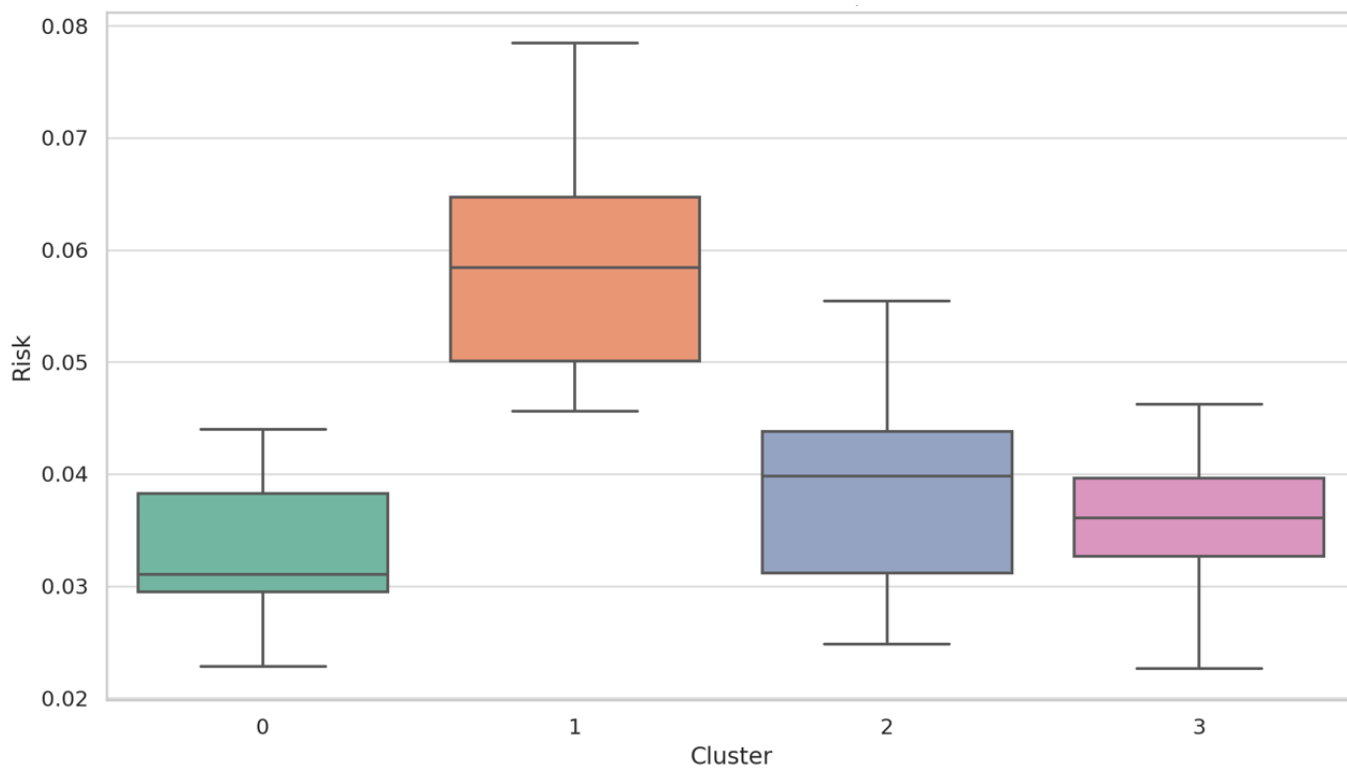


Рис. 7. Розподіл ризику за кластерами

*Джерело: розрахунки автора*

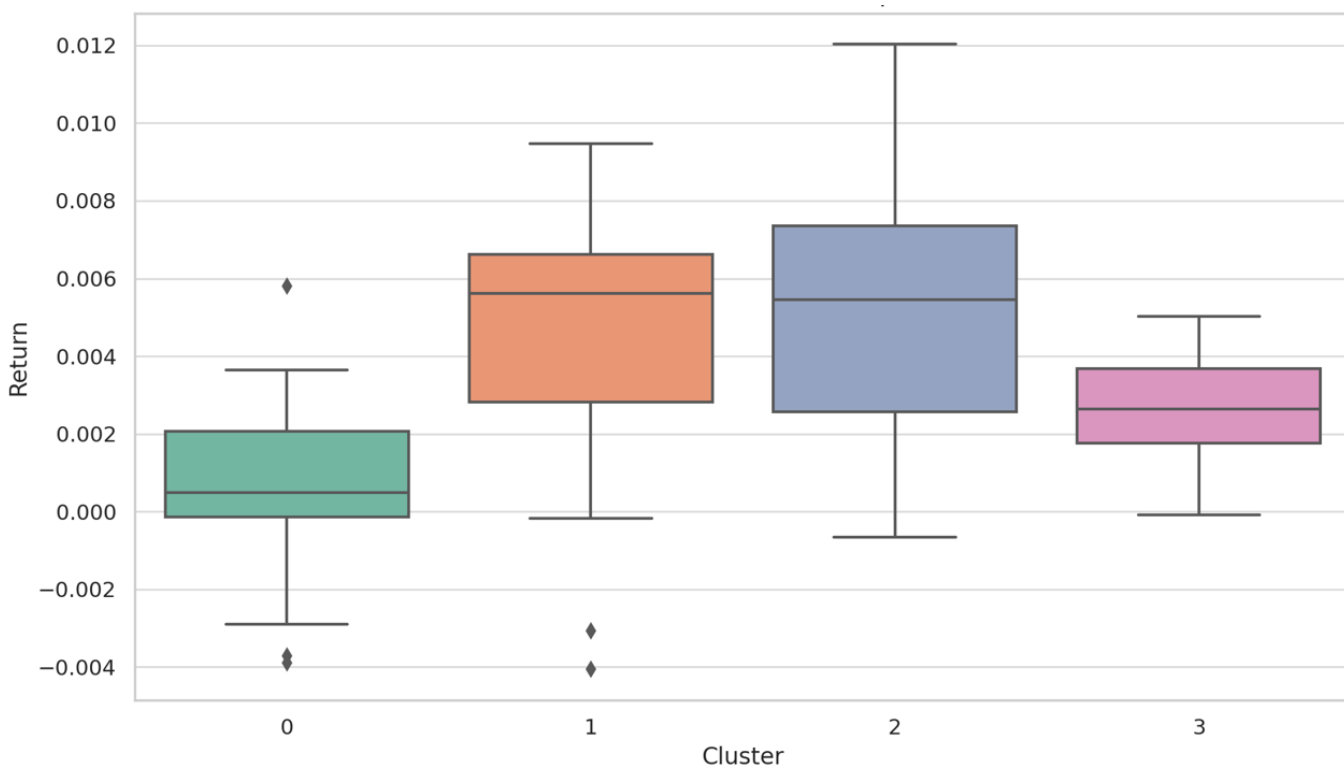


Рис. 8. Розподіл доходу за кластерами

*Джерело: розрахунки автора*

На основі кластерного аналізу енергетичних компаній за комплексом фінансових (ризик, дохідність) та нефінансових (ESG) показників було виокремлено чотири структуровані групи. Такий підхід дозволяє узагальнити інформацію про ринок, виявити типові поєднання характеристик компаній та забезпечити основу для подальшого формування інвестиційних рішень відповідно до обраної стратегії. Кожен кластер представляє типовий профіль взаємозв'язку фінансової ефективності та сталого розвитку, що дає змогу краще зрозуміти внутрішню різноманітність сектора та здійснити осмислену сегментацію активів.

У подальшому наведено поетапний опис кластерів, що включає їхні ключові особливості, порівняльні переваги та потенціал у контексті ESG-орієнтованого інвестування.

**Кластер 1** - Консервативні ESG-нейтральні компанії з найнижчим ризиком і мінімальною дохідністю

Кластер 1 включає компанії з найнижчим рівнем ризику серед усіх кластерів, що підтверджується найменшим стандартним відхиленням тижневої дохідності ( $\sim 0.034$ ). Ці компанії демонструють стабільну, але дуже помірну прибутковість - найнижчу серед вибірки (середня дохідність  $\sim 0.00058$ ).

У контексті ESG ці фірми мають середні значення екологічного ( $E = 65$ ), соціального ( $S = 65$ ) та управлінського ( $G = 78$ ) компонентів, що свідчить про базовий рівень відповідальності без вираженого ESG-лідерства. На графіках розподілу показники варіативності цих компонентів теж обмежені, що підкреслює гомогенність і стабільність профілю.

Такі компанії, зазвичай, мають зрілі бізнес-моделі, помірні темпи росту, орієнтацію на довгострокове збереження капіталу й низьку волатильність, тому ідеально підходять для консервативних інвесторів, які уникають ризиків.

**Кластер 2** - Помірні компанії з високим ризиком, середнім ESG і доброю дохідністю

Компанії цього кластеру характеризуються найвищим рівнем ризику серед усіх ( $Risk = 0.058$ ), що відображає сильну волатильність цін акцій. Однак при цьому вони забезпечують помірну, але стабільну прибутковість ( $Return = 0.0043$ ), що робить їх

привабливими для інвесторів, готових іти на ризик в обмін на потенційну винагороду.

У плані ESG цей кластер демонструє середні значення:  $E = 63$ ,  $S = 72$ ,  $G = 67$ . Це вказує на помірну інтеграцію ESG-принципів - компанії не є лідерами у сфері сталого розвитку, проте й не належать до «ризикованих» із точки зору нефінансових показників. На boxplot-діаграмах видно широкий діапазон значень, що свідчить про внутрішню варіативність ESG-профілів.

Ці компанії - типові представники сектору з помірним стратегічним акцентом на сталий розвиток, здатні забезпечити поміркований баланс між ризиком та дохідністю. Вони можуть зацікавити інвесторів, які шукають потенціал зростання, не жертвуючи повністю відповідальністю.

**Кластер 3** - Компанії з найгіршим ESG-профілем, середнім ризиком і найвищою дохідністю

Кластер 3 об'єднує компанії з найнижчими показниками ESG:  $E = 53$ ,  $S = 44$ ,  $G = 32$ . Це найнижчі середні значення серед усіх кластерів, що свідчить про мінімальну увагу до екології, соціальних стандартів і корпоративного управління. На boxplot-графіках видно широку дисперсію, особливо в G-компоненті, що вказує на структурну слабкість та невизначеність у сфері управління.

У фінансовому аспекті ці компанії мають середній рівень ризику ( $Risk = 0.04$ ), але забезпечують найвищу середню дохідність ( $Return = 0.0055$ ), значно перевищуючи інші кластери. Вони здатні до швидкого зростання прибутків, однак водночас є вразливими до регуляторного та репутаційного ризику.

Цей кластер є типовим прикладом "високий ризик – висока винагорода", орієнтованим на спекулятивних інвесторів, які готові пожертвувати нефінансовими критеріями в обмін на коротко- або середньостроковий прибуток.

**Кластер 4** - ESG-лідери з високими нефінансовими рейтингами, стабільним ризиком і конкурентною дохідністю

Компанії кластеру 4 - це абсолютні лідери за ESG-параметрами:  $E = 88$ ,  $S = 87$ ,  $G = 75$ . Високі значення підтверджуються також вузьким розподілом на boxplot-

графіках, що свідчить про високу внутрішню однорідність і стабільність нефінансових характеристик.

При цьому фінансові показники демонструють низький-середній рівень ризику ( $Risk = 0.036$ ) і помірну дохідність ( $Return = 0.0026$ ). Хоча цей кластер не забезпечує максимального прибутку, він пропонує оптимальне поєднання прибутковості та сталості.

Компанії цього кластеру є гарним варіантом для стратегії ESG-інвестування, вони дозволяють поєднати відповідальність із дохідністю, що робить їх ідеальними для інституційних та довгострокових інвесторів, орієнтованих на імпакт та стале зростання.

Таблиця 3.1

## Інтерпретація кластерів

Кластер	Профіль	Характеристика	Приклади компаній	Інвестстратегія
1	Консервативний	Низький ризик, середні ESG, невисокий прибуток	Xcel Energy, Duke Energy	Обережна, стабільна
2	Агресивний	Високий ризик, низькі ESG, висока дохідність	ExxonMobil, Philips 66	Високий ризик, високий прибуток
3	Збалансований	Середні значення всіх параметрів	BP, Saudi Aramco	Помірна диверсифікація
4	ESG-лідер	Високі ESG, середній ризик, висока дохідність	Enel, Iberdrola	Етичне інвестування, прогресивна

*Джерело: розрахунки автора*

### 3.3. Порівняння кластерів енергетичних компаній з S&P 500

У сучасних умовах посиленої волатильності фінансових ринків, зростання інтересу до сталих інвестицій і формування ESG-орієнтованих стратегій, постає необхідність у поглибленому аналізі ефективності альтернативних портфельних структур порівняно з традиційними ринковими бенчмарками. Одним із найпоширеніших індикаторів загального стану американського фондового ринку є індекс S&P 500 (Standard & Poor's 500), він являє собою композитний індекс, який охоплює 500 найбільших компаній США за ринковою капіталізацією, які котируються на біржах NYSE та NASDAQ. Завдяки високому рівню диверсифікації, ліквідності та регулярному оновленню складових, індекс S&P 500 широко визнається еталоном (benchmark) для оцінювання ефективності портфелів, активних стратегій та інвестиційних фондів [55].

У рамках даного дослідження індекс S&P 500 обрано як базовий референт для порівняння з інвестиційними кластерами, сформованими в секторі енергетичних компаній із урахуванням ESG-факторів. Такий підхід дає змогу не лише виявити, наскільки ефективними є альтернативні портфельні структури у порівнянні з широким ринковим індексом, а й критично оцінити на практиці актуальну фінансову концепцію так званої «ESG-премії». Згідно з цією гіпотезою, компанії з високими показниками екологічної, соціальної та управлінської відповідальності мають потенціал для більш стабільного та вигідного фінансового зростання [17].

У підрозділі 3.2 було сформовано чотири кластери енергетичних компаній на основі п'яти ключових параметрів - ризику, доходності, а також компонентів ESG: Environmental (екологічна відповідальність), Social (соціальна сталість), Governance (корпоративне управління). На основі отриманих кластерів було створено наївно диверсифіковані портфелі, а також визначено їх середні показники, це дає змогу застосувати порівняльний аналіз не лише з точки зору фінансової доходності, а й з урахуванням стійкості бізнес-моделей.

Для об'єктивного порівняння з індексом S&P 500 використано комплексну систему оцінювання ефективності, що включає:

- очікувану середньотижневу доходність (Expected Return)

- волатильність портфеля (Standard Deviation)
- **K-ratio** – це показник ефективності з урахуванням тренду та ризику. Він демонструє, наскільки ефективно інвестор отримує прибуток за умови наявного ризику. Чим вищий показник, тим стабільніша інвестиційна стратегія. Цей показник обчислюється за наступною формулою:

$$k - ratio = \frac{Slope \log VAWI \text{ regression line}}{n(Standard \ Error \ of \ the \ Slope)}$$

- **Індекс VAWI (Value Added Weekly Index)** є агрегованим індексом, який відображає кумулятивну зміну вартості портфеля в часовому розрізі за тижневими інтервалами.

Перше значення VAWI(перший тиждень):

$$VAWI = 100 \times (1 + return)$$

Для усіх наступних значень:

$$VAWI_n = VAWI_{n-1} \times (1 + return)$$

Особливу увагу приділено саме VAWI, оскільки цей індикатор дозволяє простежити приріст сукупної вартості портфеля в динаміці, демонструючи фактичну результативність інвестиційної стратегії на кожному часовому кроці. На відміну від показників, що базуються на середніх значеннях або оцінюють лише кінцевий результат, VAWI дає змогу виявити стійкість тренду зростання або падіння протягом усього періоду інвестування.

Цей індекс є корисним інструментом аналізу не лише з позиції дохідності, але й у контексті ритмічності нарощування вартості з урахуванням коливань ринку, тимчасових просідань і характеру зростання. Саме завдяки тижневому кроку VAWI забезпечує більш глибоку оцінку поведінки портфеля в умовах волатильності.

Чим вищим є значення VAWI, тим більшим був накопичений приріст вартості портфеля за аналізований період, що свідчить про його здатність створювати додану вартість у часі. Тому цей показник доцільно використовувати як доповнення до K-ratio, особливо в порівнянні між портфелями, що мають різну структуру, ризиковий профіль або інвестиційні підходи.

На основі саме цього підходу було здійснено аналіз динаміки портфельів енергетичних компаній, згрупованих у кластери, у порівнянні з еталонним індексом S&P 500. Поєднання таких показників, як VAWI, K-ratio, очікувана дохідність та волатильність, дає змогу оцінити ефективність кожного портфеля за 2024 рік.

Аналіз отриманих результатів з рис. 9 – 12. дозволяє комплексно порівняти ефективність портфельів енергетичних компаній, згрупованих у 4 кластери, з еталонним індексом S&P 500 за 2024 рік за ключовими фінансовими метриками. S&P 500, як і очікувалося, демонструє найвищу стабільність та збалансованість: K-ratio (0,4995) перевищує всі кластери, що свідчить про оптимальне співвідношення між дохідністю та ризиком. За ним слідує Кластер 1 із близьким значенням K-ratio (0,4748), хоча його очікувана дохідність є найнижчою серед усіх - лише 0,06%. Така ситуація пояснюється низькою волатильністю (3,39%), яка позитивно впливає на ризик-кориговану оцінку ефективності, незважаючи на слабке зростання вартості активів.

Кластер 3 демонструє найвищу очікувану дохідність (0,55%) та найвищий приріст за VAWI, що свідчить про ефективну генерацію вартості в часовому розрізі. Проте його волатильність (3,97%) знижує K-ratio до 0,1723, тобто вказує на зростання, що супроводжується підвищеними ризиками. Подібна ситуація з Кластером 4, хоч його K-ratio трохи вищий (0,1926), через нижчу очікувану дохідність (0,26%) він втрачає привабливість у порівнянні з Кластером 3 у абсолютних показниках приросту.

Кластер 2 виглядає найгірше з позиції ризик-менеджменту. Незважаючи на досить високу очікувану дохідність (0,43%), волатильність портфеля (5,83%) і є найвищим показником серед усіх, який і зумовив від'ємне значення K-ratio (-0,0110), що вказує на нерациональний рівень ризику для досягнутої дохідності. Це також підтверджується формою VAWI, коли після стрімкого зростання на початку року відбувається падіння й нестабільність, що робить цей кластер непридатним для інвестора з низькою чи середньою толерантністю до ризику.

З графіка VAWI чітко видно, що найкращий приріст вартості портфеля протягом 2024 року продемонстрував Кластер 3, який протягом більшості тижнів знаходився

вище за інші кластери та навіть індекс S&P 500. Кластер 1 зростав повільніше, але стабільно, підтверджуючи свою роль консервативного активу. Кластери 2 та 4 мали періоди зростання, але з нестабільною динамікою, що в поєднанні з підвищеним ризиком обмежує їхню привабливість.

Узагальнюючи, S&P 500 залишається найзбалансованим варіантом із найвищим ризик-коригованим результатом. Серед ESG-кластерів Кластер 3 є лідером за абсолютною дохідністю та динамікою VAWI, але програє в стабільності. Кластер 1 - найкращий за стабільністю та мінімізацією ризиків, хоча й найменш прибутковий. Кластер 4 демонструє посередні результати, а Кластер 2 - найгірше співвідношення ризику до вигоди.

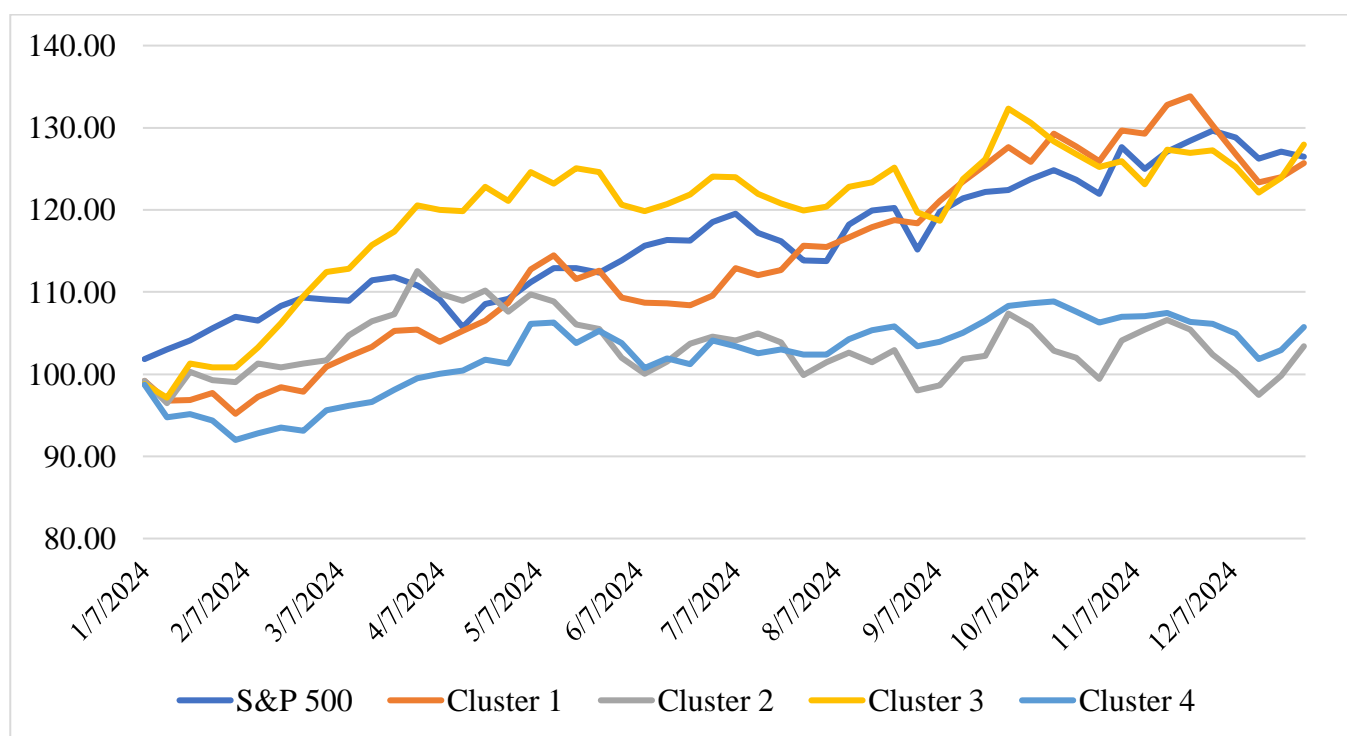


Рис. 9. Показники VAWI за 2024 рік для 4 кластерів та S&P 500

*Джерело: розрахунки автора*

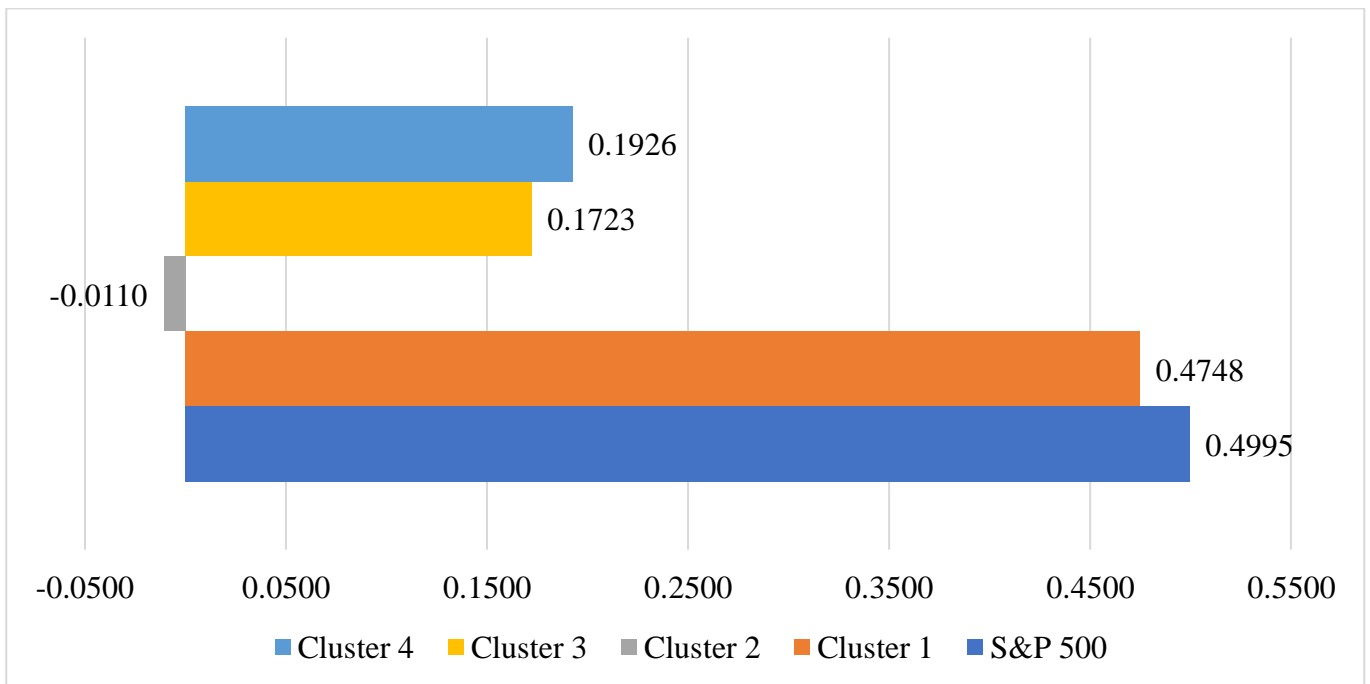


Рис. 10. Показники K-ratio за 2024 рік для 4 кластерів та S&P 500

Джерело: розрахунки автора

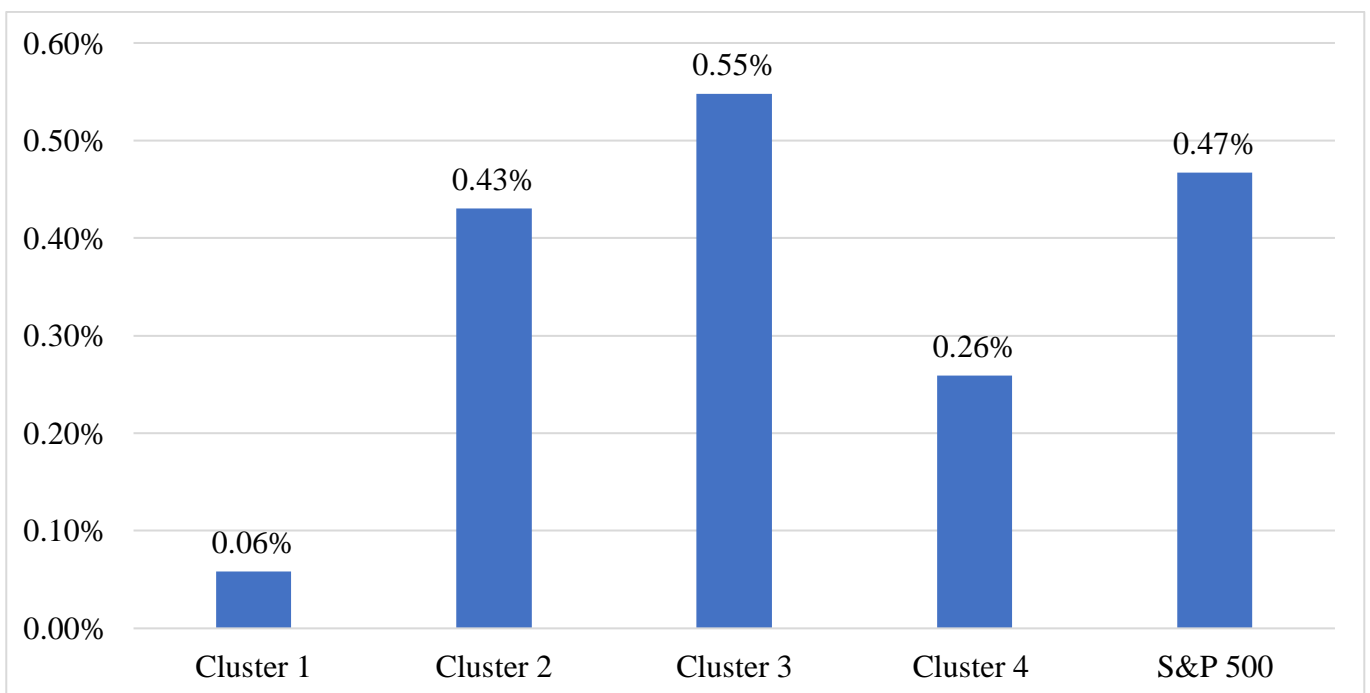


Рис. 11. Очікувана дохідність портфелів чотирьох кластерів та S&P 500

Джерело: розрахунки автора

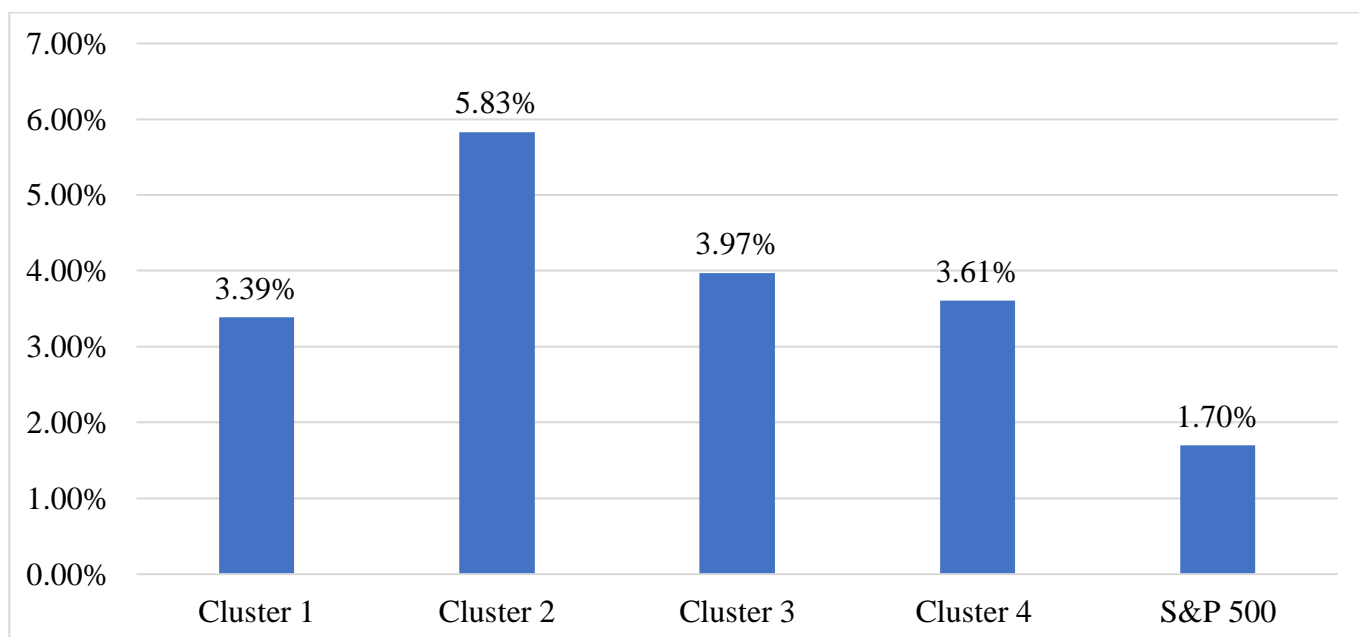


Рис. 12. Волатильність портфельів чотирьох кластерів та S&P 500

*Джерело: розрахунки автора*

Таким чином, кластеризація на основі ESG-факторів, а також показників ризику та доходності, дозволяє виділити чотири чітко окреслені профілі енергетичних компаній. Це створює аналітичну основу для обґрунтованого вибору інвестиційної стратегії: від консервативного підходу з акцентом на стабільність і мінімізацію волатильності (Cluster 1), до агресивного портфеля з найвищим потенціалом прибутковості, але й з підвищеним ризиком (Cluster 3). З огляду на результати, портфель, сформований за принципами ESG із фокусом на сталість і відповідальність (Cluster 4), може стати розумним компромісом між прибутковістю, етичними принципами та помірним ризиком, особливо для довгострокових інвесторів або інституційних гравців.

При цьому еталонний ринок, представлений індексом S&P 500, все ж демонструє найвищу загальну ефективність за всіма ключовими метриками, зокрема найвищим значенням K-ratio. Це підтверджує його статус збалансованого, стабільного й помірно прибуткового інструменту для диверсифікованого інвестора.

Відповідаючи на питання - чи справді ESG-критерії дають кластер, який є водночас більш доходним і менш ризикованим, слід зазначити, що це твердження не є повністю вірним. Дані аналізу показують, що:

- Найбільш дохідним є Cluster 3, проте він також має високу волатильність і низьке значення K-ratio, що вказує на високий рівень ризику.
- Найменш ризиковим є Cluster 1, але його очікувана дохідність найнижча серед усіх.
- Cluster 4, який поєднує високі ESG-оцінки, демонструє середній рівень дохідності та ризику, а отже, не забезпечує чіткої переваги над S&P 500 чи іншими ESG-кластерами.

Це дозволяє зробити висновок, що високі ESG-показники самі по собі не гарантують ані вищої дохідності, ані нижчого ризику. Проте вони можуть сприяти формуванню збалансованіших портфелів, що враховують нефінансові ризики, пов'язані зі сталим розвитком, регуляторним середовищем, управлінськими практиками та соціальним впливом.

Таким чином, ефективність ESG-кластерів значною мірою залежить від інвестиційних цілей інвестора. Для когось пріоритетом буде максимізація прибутковості (Cluster 3), для когось - зниження ризику (Cluster 1), а для окремих груп - етична відповідальність і довгострокова сталість (Cluster 4). Універсального ESG-портфеля, який би одночасно був найбільш доходним і найменш ризиковим не виявлено, але кластеризація дозволяє інвестору зробити усвідомлений вибір.

## ВИСНОВКИ

У результаті практичного дослідження було сформовано чотири кластери енергетичних компаній на основі комплексного підходу, що включає фінансові (дохідність, ризик) та нефінансові (екологічні, соціальні та управлінські) показники. Для оцінки ефективності кожного кластерного портфеля було використано інтегральні індикатори K-ratio (ризик-коригована дохідність) та VAWI (індекс тижневого приросту вартості). Це дозволило здійснити кількісне порівняння динаміки кластерів із еталонним ринковим індексом S&P 500 та між собою.

Аналіз виявив суттєві відмінності між кластерними портфелями. Найбільш збалансованим за стабільністю та співвідношенням ризику до дохідності виступив портфель, близький за параметрами до індексу S&P 500. Один з кластерів продемонстрував помірну дохідність і низьку волатильність, що вказує на його привабливість для довгострокового інвестора, орієнтованого на збереження капіталу. Водночас інший кластер, попри найнижчі ESG-показники, виявився найприбутковішим, але й найбільш ризиковим, що робить його доцільним лише для інвесторів із високою толерантністю до ризику.

Високі ESG-показники загалом корелюють із нижчим рівнем ризику, однак не гарантують досягнення вищої прибутковості. Зокрема, кластер із найвищим ESG-рейтингом справді демонструє стабільність і помірну дохідність, що робить його відповідним для етичного довгострокового інвестування. Водночас найвища дохідність спостерігається в кластері з найслабшим ESG-профілем, що підкреслює потенційне протиріччя між прибутковістю та принципами сталого розвитку.

Таким чином, твердження про те, що ESG-критерії автоматично формують більш доходний і менш ризикований портфель, не отримало підтвердження в повному обсязі. Воно є частково вірним у контексті зниження ризику та забезпечення стабільності, але не у контексті максимізації прибутку. Ці висновки узгоджуються з сучасними науковими підходами, згідно з якими ESG-фактори можуть мати позитивний або нейтральний вплив на фінансові результати, однак не є самодостатньою умовою для досягнення лідерства в дохідності.

Запропонований кластерний підхід, заснований на поєднанні фінансових і ESG-критеріїв, є ефективним інструментом для побудови адаптивних портфелів залежно від інвестиційних пріоритетів - стабільності, прибутковості або соціальної відповідальності. Отримані результати можуть бути практично використані інституційними інвесторами, портфельними менеджерами та фінансовими аналітиками для формування стратегій сталого інвестування в енергетичному секторі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Beattie A. (2021). Understanding the History of the Modern Portfolio.

URL: <https://www.investopedia.com/articles/07/portfolio-history.asp>

2. Ninepoint (2023). The Evolution of Portfolio Management

URL: <https://www.ninepoint.com/alt-thinking/articles/2023/the-evolution-of-portfolio-management/>

3. Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*.

URL: [https://www.perlego.com/book/1089956/portfolio-selection-efficient-diversification-](https://www.perlego.com/book/1089956/portfolio-selection-efficient-diversification-of-investments-)

[of-investments-  
pdf?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&campaignid=20933451054&adgroupid=175110020591&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=20933451054&gbraid=0AAAAADN2nNJ4A6leFSjenJNN7A3YrRzFI&gclid=CjwKCAjwo4rCBhAbEiwAxAhJlCad\\_MVWNY9sSdW3HpN6ugnTooCs053mtPI1pMjmg9ci6EIDJpYGYLRoCxhsQAvD\\_BwE](https://www.perlego.com/book/1089956/portfolio-selection-efficient-diversification-of-investments-pdf?utm_source=google&utm_medium=cpc&campaignid=20933451054&adgroupid=175110020591&gad_source=1&gad_campaignid=20933451054&gbraid=0AAAAADN2nNJ4A6leFSjenJNN7A3YrRzFI&gclid=CjwKCAjwo4rCBhAbEiwAxAhJlCad_MVWNY9sSdW3HpN6ugnTooCs053mtPI1pMjmg9ci6EIDJpYGYLRoCxhsQAvD_BwE)

4. Statman, M. (1987). How many stocks make a diversified portfolio? *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/227406059\\_How\\_Many\\_Stocks\\_Make\\_a\\_Diversified\\_Portfolio](https://www.researchgate.net/publication/227406059_How_Many_Stocks_Make_a_Diversified_Portfolio)

5. Dimson, E., Marsh, P., & Staunton, M. (2020). *The global investment return yearbook 2020*. URL:

[https://www.academia.edu/44122194/Summary\\_Edition\\_Credit\\_Suisse\\_Global\\_Investment\\_Returns\\_Yearbook\\_2020](https://www.academia.edu/44122194/Summary_Edition_Credit_Suisse_Global_Investment_Returns_Yearbook_2020)

6. Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*. URL:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>

7. Ang, A. (2014). *Asset Management: A Systematic Approach to Factor Investing*.

Oxford University Press. URL: <https://nibmehub.com/opac->

[service/pdf/read/Asset%20Management%20%20a%20systematic%20approach%20to%20ofactor%20investing.pdf](https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/Asset%20Management%20%20a%20systematic%20approach%20to%20ofactor%20investing.pdf)

8. Fabozzi, F. J., Gupta, F., & Markowitz, H. M. (2002). The legacy of modern portfolio

theory. *The Journal of Investing*. URL:

<https://www.researchgate.net/publication/247922478> The Legacy of Modern Portfolio Theory

9. Engle, R., & Rangel, J. G. (2008). The spline-GARCH model for low-frequency volatility and its global macroeconomic causes. *Review of Financial Studies*. URL:

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=939447](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=939447)

10. Black, F., & Litterman, R. (1992). Global Portfolio Optimization. *Financial Analysts Journal*. URL:

[https://people.duke.edu/~charvey/Teaching/BA453\\_2006/Black\\_Litterman\\_Global\\_Portfolio\\_Optimization\\_1992.pdf](https://people.duke.edu/~charvey/Teaching/BA453_2006/Black_Litterman_Global_Portfolio_Optimization_1992.pdf)

11. Pedersen, L. H., Fitzgibbons, S., & Pomorski, L. (2021). Responsible investing: The ESG-efficient frontier. *Journal of Financial Economics*. URL:

[https://research.cbs.dk/files/68795021/Heje\\_Pedersen\\_Fitzgibbons\\_Pomorski\\_Responsible\\_Investing\\_PublishersVersion.pdf](https://research.cbs.dk/files/68795021/Heje_Pedersen_Fitzgibbons_Pomorski_Responsible_Investing_PublishersVersion.pdf)

12. Harvey, C. R., Liu, Y., & Zhu, H. (2016). ... and the cross-section of expected returns. *Review of Financial Studies*. URL:

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2249314](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2249314)

13. Statman, M. (2010). What Investors Really Want. URL:

[https://www.advisorperspectives.com/newsletters10/pdfs/What\\_Investors\\_Really\\_Want.pdf](https://www.advisorperspectives.com/newsletters10/pdfs/What_Investors_Really_Want.pdf)

14. Bollen, N. P. B. (2007). Mutual fund attributes and investor behavior. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. URL: <https://www.jstor.org/stable/27647316>

15. Bartram, S. M., Brown, G. W., & Stulz, R. M. (2012). Why are foreign firms listed in the US worth more? *Journal of Financial Economics*. URL:

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=285337](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=285337)

16. Integration of ESG Factors in Portfolio Management: *International Trends and Practices* URL:

<https://www.researchgate.net/publication/376445493> Integration of ESG Factors in Portfolio Management International Trends and Practices

17. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance:

- Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20430795.2015.1118917>
18. CFA Institute. (2021). *ESG Investing: Practices, Progress and Challenges*. URL: <https://www.oecd.org/en/topics/finance-and-investment.html>
19. United Nations Principles for Responsible Investment (UN PRI). (2023). URL: <https://www.unpri.org/annual-report-2023>
20. Dorfleitner, G., Utz, S., & Wimmer, M. (2017). Sustainable, responsible and impact investing and investment funds: A literature review. *Journal of Business Ethics*. URL: <https://research.monash.edu/en/publications/a-review-of-socially-responsible-investing-and-sustainability>
21. Global Reporting Initiative. (2023). *GRI Standards for Sustainability Reporting*. URL: <https://www.globalreporting.org/standards/>
22. MSCI ESG Research. (2023). *ESG Ratings Methodology*. URL: <https://www.msci.com/documents/1296102/34424357/MSCI%2BESG%2BRatings%2BMethodology.pdf>
23. Diaz, A., Esparcia C., Alonso D., Alonso M. Portfolio management of ESG-labeled energy companies based on PTV and ESG factors. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988324002536>
24. Bloomberg Intelligence. (2024). *Trends in ESG and Sustainable Investments*. URL: <https://www.bloomberg.com/professional/solutions/sustainable-finance/>
25. Global Sustainable Investment Alliance. (2022). *Global Sustainable Investment Review*. URL: <https://www.gsi-alliance.org/members-resources/gsir2022/>
26. European Commission. (2023). *EU Sustainable Finance Action Plan*. URL: [https://finance.ec.europa.eu/publications/sustainable-finance-package-2023\\_en](https://finance.ec.europa.eu/publications/sustainable-finance-package-2023_en)
27. OECD. (2023). *Climate-related Financial Risks and ESG Investing*. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/esg-investing-and-climate-transition\\_7b321b7a-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/esg-investing-and-climate-transition_7b321b7a-en.html)
28. Krueger, P., Sautner, Z., & Starks, L. T. (2020). The importance of climate risks for

institutional investors. *Review of Financial Studies*. URL:

<https://academic.oup.com/rfs/article-abstract/33/3/1067/5735302>

29. Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2021). Do investors care about carbon risk? *Journal of Financial Economics*. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X20305477>

30. BlackRock. (2021). *Sustainable Investing: From Niche to Mainstream*.

URL: <https://www.blackrock.com/au/solutions/sustainable-transition-investing>

31. Dimson, E., Karakaş, O., & Li, X. (2015). Active ownership. *The Review of Financial Studies*. URL: [https://academic.oup.com/rfs/article-](https://academic.oup.com/rfs/article-abstract/28/12/3225/1573572?login=false)

[abstract/28/12/3225/1573572?login=false](https://academic.oup.com/rfs/article-abstract/28/12/3225/1573572?login=false)

32. Krüger, P. (2015). Corporate goodness and shareholder wealth. *Journal of Financial Economics*. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304405X14001925>

33. Sustainalytics. (2023). *ESG Risk Ratings*.

URL: <https://www.sustainalytics.com/esg-data>

34. Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management Science*. URL:

<https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.2014.1984>

35. El Ghouli, S., Guedhami, O., Kwok, C. C. Y., & Mishra, D. R. (2011). Does corporate social responsibility affect the cost of capital? *Journal of Banking & Finance*. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378426611000781>

36. Elkjær, C. J. (2023). ESG integration approaches in portfolio management.

URL:

[https://www.researchgate.net/publication/376445493\\_Integration\\_of\\_ESG\\_Factors\\_in\\_Portfolio\\_Management\\_International\\_Trends\\_and\\_Practices](https://www.researchgate.net/publication/376445493_Integration_of_ESG_Factors_in_Portfolio_Management_International_Trends_and_Practices)

37. Kotsantonis, S., Pinney, C., & Serafeim, G. (2016). ESG Integration in Investment Management: Myths and Realities. *Journal of Applied Corporate Finance*. URL:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jacf.12170>

38. Amel-Zadeh, A., & Serafeim, G. (2018). Why and how investors use ESG information:

Evidence from a global survey. *Financial Analysts Journal*. URL:

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2925310](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2925310)

39. Kaminskyi, A. Nehrey, M. Fuzzy clustering approach to portfolio management considering ESG criteria: empirical evidence from the investment strategies of the EURO STOXX Index. (2023) *Neuro Fuzzy Modeling Techniques in Economics*, 2023 (12), pp. 40-66. URL: <https://nfmte.kneu.ua/archive/2023/12.02>

40. Renneboog, L., Ter Horst, J., & Zhang, C. (2008). Socially responsible investments: Institutional aspects, performance, and investor behavior. *Journal of Banking & Finance*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378426607004220>

41. Fatemi, A., Fooladi, I., & Tehranian, H. (2015). Valuation effects of corporate social responsibility. *Journal of Banking & Finance*. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378426615001594?via%3Dihub>

42. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2022). *Data Mining: Concepts and Techniques*.

URL:

[https://www.researchgate.net/publication/303206384\\_Data\\_Mining\\_Concepts\\_and\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/303206384_Data_Mining_Concepts_and_Techniques)

43. Chen, C., & Zhao, L. (2021). Fuzzy clustering and its application in portfolio management. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9448017>

44. Liu, Y., & Lu, C. (2023). Fuzzy clustering methods in sustainable finance. *Sustainable Finance Journal*. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772443523000123>

45. Lhabitant, F.-S. (2004). *Hedge Funds: Myths and Limits*. Wiley.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/246363013\\_Hedge\\_Funds-Myths\\_and\\_Limits](https://www.researchgate.net/publication/246363013_Hedge_Funds-Myths_and_Limits)

46. Jones, D. (2022). Machine learning techniques in ESG portfolio optimization. *Journal of Investment Management*. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/388955846\\_Optimizing\\_Investment\\_Portfolio\\_Management\\_Using\\_Machine\\_Learning\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/388955846_Optimizing_Investment_Portfolio_Management_Using_Machine_Learning_Techniques)

47. Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net.

- Journal of the Royal Statistical Society*. URL: <https://academic.oup.com/jrsssb/article-abstract/67/2/301/7109482?redirectedFrom=fulltext>
48. DeMiguel, V., Garlappi, L., & Uppal, R. (2009). Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy? *The Review of Financial Studies*. URL: <https://academic.oup.com/rfs/article-abstract/22/5/1915/1592901?redirectedFrom=fulltext>
49. Dimson, E., Karakaş, O., & Li, X. (2015). Active ownership. *Review of Financial Studies*. URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2154724](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2154724)
50. Morningstar. (2022). *ESG Investing and Portfolio Optimization*. URL: <https://www.morningstar.com/sustainable-investing/esg-investing-keeps-pace-with-conventional-investing-2022>
51. Kotsantonis, S., & Serafeim, G. (2019). Four things no one will tell you about ESG data. *Journal of Applied Corporate Finance*. URL: <https://dash.harvard.edu/server/api/core/bitstreams/1efe4efc-d4bc-4d7f-9634-7617cc1da93a/content>
52. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence. *Journal of Sustainable Finance & Investment*. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20430795.2015.1118917>
53. <https://www.globaldata.com/>
54. S&P Global (2023). URL: <https://www.spglobal.com/en/annual-reports/2023/spgi-annual-report-2023.pdf>
55. <https://kpmg.com/nl/en/home/topics/environmental-social-governance/corporate-sustainability-reporting-directive.html#:~:text=Terminology-,%20CSR,%20EU%20Green%20Deal>
56. <https://companiesmarketcap.com/energy/largest-companies-by-market-cap/>

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### Важливі блоки програмного коду

```
# Функція для збереження графіка в Excel
def save_plot_to_excel(fig, worksheet, cell, width=500, height=300):
    img_data = io.BytesIO()
    fig.savefig(img_data, format='png', dpi=100, bbox_inches='tight')
    img_data.seek(0)
    img = Image(img_data)
    img.width = width
    img.height = height
    worksheet.add_image(img, cell)
    plt.close(fig)

# Візуалізації методу ліктя
plt.figure(figsize=(10, 6))
wcss = []
for i in range(1, 11):
    kmeans = KMeans(n_clusters=i, init='k-means++', random_state=42)
    kmeans.fit(scaled_data)
    wcss.append(kmeans.inertia_)
plt.plot(range(1, 11), wcss, marker='o', linestyle='--')
plt.axvline(x=4, color='r', linestyle='--')
plt.title('Метод ліктя')
plt.xlabel('Кількість кластерів')
plt.ylabel('WCSS')
plt.grid()
save_plot_to_excel(plt.gcf(), worksheet_viz, 'A1')
```

```
# Графік розподілу компаній за кластерами
plt.figure(figsize=(8, 5))
sns.countplot(x='Cluster', data=df, palette='viridis')
plt.title('Розподіл компаній за кластерами')
plt.xlabel('Кластер')
plt.ylabel('Кількість компаній')
save_plot_to_excel(plt.gcf(), worksheet_viz, 'K1')

# Графік середніх значень за кластерами
cluster_means = df.groupby('Cluster').mean().drop('Cluster', axis=1)
cluster_means.T.plot(kind='bar', figsize=(15, 8))
plt.title('Середні значення показників за кластерами')
plt.ylabel('Значення')
plt.xticks(rotation=45)
plt.grid(axis='y')
save_plot_to_excel(plt.gcf(), worksheet_viz, 'A20')

# Візуалізація кластеризації компаній за ризиком та доходністю
plt.figure(figsize=(10, 6))
sns.scatterplot(data=df, x='Risk', y='Return', hue='Cluster', palette='viridis', s=100)
plt.title('Кластеризація за ризиком та доходністю')
plt.xlabel('Ризик')
plt.ylabel('Доходність')
plt.grid()
save_plot_to_excel(plt.gcf(), worksheet_viz, 'K20')

# Візуалізація ESG-кластеризації: E vs S, S vs G, E vs G
fig = plt.figure(figsize=(18, 6))
ax1 = fig.add_subplot(131)
sns.scatterplot(data=df, x='E', y='S', hue='Cluster', palette='viridis', s=100, ax=ax1)
```

```

ax1.set_title('E vs S')
ax1.grid()

ax2 = fig.add_subplot(132)
sns.scatterplot(data=df, x='S', y='G', hue='Cluster', palette='viridis', s=100, ax=ax2)
ax2.set_title('S vs G')
ax2.grid()

ax3 = fig.add_subplot(133)
sns.scatterplot(data=df, x='E', y='G', hue='Cluster', palette='viridis', s=100, ax=ax3)
ax3.set_title('E vs G')
ax3.grid()

plt.tight_layout()
save_plot_to_excel(fig, worksheet_viz, 'A40', width=1000, height=400)

# Теплова карта середніх значень показників за кластерами
plt.figure(figsize=(12, 6))
sns.heatmap(cluster_means.T, annot=True, cmap='viridis', fmt='.2f')
plt.title('Теплова карта показників по кластерам')
save_plot_to_excel(plt.gcf(), worksheet_viz, 'A60')

# Парні графіки ключових показників за кластерами
g = sns.pairplot(df, vars=['Risk', 'Return', 'E', 'S', 'G'], hue='Cluster', palette='viridis')
g.fig.suptitle('Парні графіки показників', y=1.02)
save_plot_to_excel(g.fig, worksheet_viz, 'K60', width=1000, height=800)

# Voxplot для порівняння розподілу значень показників між кластерами
plt.figure(figsize=(15, 10))
for i, column in enumerate(['Risk', 'Return', 'E', 'S', 'G']):

```

```
plt.subplot(2, 3, i+1)
sns.boxplot(x='Cluster', y=column, data=df, palette='viridis')
plt.title(column)
plt.tight_layout()
save_plot_to_excel(plt.gcf(), worksheet_viz, 'A90', width=1000, height=800)
```