УДК 621.3; 004.9

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЯМИ ПРОЄКТІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЕНЕРГОЄМНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

ДУБРОВІН В.І. канд. техн. наук, професор, професор кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: vdubrovin@gmail.com;

ДЕЙНЕГА Л.Ю. старший викладач кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: deynega.larisa@gmail.com;

ЛАКТІОНОВ В.В. студент кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: wyknait@gmail.com

Мета роботи. *Розробка програмного комплексу, що базується на методах прийняття рішень для управління портфелями проєктів енергозбереження на енергоємних підприємствах.*

Методи дослідження. *Для вирішення проблеми управління портфелями проєктів була обрана портфельна теорія фінансових інвестицій Марковіца, яка дозволяє здійснити найбільш вигідний розподіл ризику портфелю та виконати оцінювання прибутку за допомогою методів оптимізації. В поєднанні з даною теорією було вирішено використовувати методи пошуку максимального коефіцієнта Шарпа, а також мінімальної волатильності за пакетом даних випадково згенерованих портфелів.*

Отримані результати. *В результаті виконаної роботи було розроблено програмну систему, яка має у своєму функціоналі автоматичне завантаження пакету даних обраних акцій за вказаний період часу з електронного ресурсу, генерує випадковий портфель та виконує його оптимізацію за допомогою максимізації коефіцієнту Шарпа та мінімізації волатильності портфелю. Також програма має можливість відображати результати оптимізації згенерованого портфелю у вигляді таблиць та графіків.*

Система підтримки прийняття рішень для управління портфелями проєктів енергозбереження була розглянута через її узагальнення до методів оптимізації інвестиційних портфелів, але з врахуванням специфіки предметної області.

Програмний комплекс був протестований на наборі даних цін акцій енергоємних підприємствах. Отримані в результаті роботи системи графічні дані та таблиці дозволяють користувачу програми в повному обсязі оцінити створений портфель проєкту енергозбереження.

Наукова новизна. *Розроблена програмна система поєднує одразу декілька методів, а саме: методи оптимізації інвестиційного портфелю за портфельною теорією Марковіца, методи пошуку максимального коефіцієнта Шарпа та методи знаходження мінімальної волатильності. Дане рішення дозволяє використовувати систему для розв'язання широкого спектру завдань.*

Практична цінність. *Виконана розробка дозволяє зручно виконувати оптимізацію інвестиційних портфелів для різноманітних активів, що дає змогу використовувати розробку для управління портфелями проєктів енергозбереження на енергоємних підприємствах. Також, система може бути основою для подібних розробок.*

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень; управління портфелями; модель Гаррі Марковіца; коефіцієнт Шарпа; енергозбереження; енергоємні підприємства.

I. ВСТУП

Енергозбереження – це реалізація організаційних, правових, технічних, технологічних, економічних та інших заходів, спрямованих на зменшення обсягу використовуваних енергетичних ресурсів за збереження відповідного корисного ефекту від їх використання (у тому числі обсягу виробленої продукції, виконаних робіт, наданих послуг). Це поняття включає як раціональне використання енергетичних ресурсів, так і їх ефективне споживання.

Енергозбереження, як не дивно, – це найдешевше джерело енергії. З тих пір, як набула популярності гіпотеза про зв'язок між глобальною зміною клімату і збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері, країни усвідомили необхідність перешкодити цьому процесу. Уряди спільно з громадськими організаціями та великими компаніями різних галузей намагаються зменшити кількість викидів цих речовин в атмосферу. Реалізується багато проєктів зі створення екологічно чистих технологій виробництва, в першу чергу в частині генерації енергії, які могли б успішно

© Дубровін В.І., Дейнега Л.Ю., Лактіонов В.В., 2022
DOI 10.15588/1607-6761-2022-4-3

конкурувати з найбільш «брудними», але недорогими вугільними електростанціями. Проте велика увага приділяється також розвитку енергозберігаючих технологій, особливо в найбільш енергоємних галузях виробництва сталі та алюмінію.

Енергозберігаючі заходи на промислових підприємствах спрямовані на зменшення витрат енергоресурсів на виробництво продукції. Управління енергозбереженням здійснюється шляхом реалізації промислових проєктів, метою яких є досягнення максимальної енергоефективності і полягає в знаходженні з множини можливих варіантів управління при заданих обмеженнях і з урахуванням зовнішніх впливів таких допустимих впливів, які матимуть максимальну ефективність.

Оптимальне управління проєктами енергозбереження в промисловості починається з доцільного вибору на етапах проєктування та впровадження заходів енергозбереження та енергоефективних технологій, які є поєднанням методів, операцій, прийомів та етапів, послідовне виконання яких забезпечує вирішення поставленої задачі енергозбереження [1].

Ефективне використання енергетичних ресурсів потрібно при їх видобутку, виробництві, переробці, транспортуванні, зберіганні та споживанні; створенні та використанні енергоефективних технологій.

Нині процеси управління проєктами повсюдно використовують у всіх галузях світового господарства. Широке поширення процесів управління проєктами показує, що правильне застосування підвищує ймовірність успішної реалізації більшості виконуваних проєктів. При цьому успішність процесного підходу в здійсненні енергозбереження в промислових проєктах має базуватись на аспектах енергоефективності в управлінні проєктом: енергоефективності процесів проєкту та енергоефективності результатів проєкту.

Інвестиційні проєкти з енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, як правило, є довгостроковими та низькорентабельними. Крім того, причини недостатніх інвестицій полягають у наявності багатьох бар'єрів для використання технологій енергозбереження, які пов'язані з такими факторами:

1) низьким пріоритетом проблем енергозбереження та екології;

2) складнощі з доступом до фінансування;

3) проблемою конфлікту інтересів;

4) фінансовими проблемами, серед яких такі: початкові капіталовкладення, схильність до ризику, неадекватність існуючих фінансових механізмів для реалізації проєктів енергозбереження.

Інвестиції у підвищення енергоефективності можуть економити енергоресурси безпосередньо через скорочення споживання енергії в кінцевих користувачів і побічно шляхом скорочення обсягу палива, необхідного для перетворення та транспортування енергії для кінцевого споживання. Наприклад, зниження споживання електроенергії домогосподарствами сприяє скороченню обсягу палива, споживаного генераторами покриття навантаження. Чим менше палива буде використано генераторами, тим менше палива необхідно видобути та транспортувати (по трубопроводах, залізницях або автошляхах) і тим менше енергії буде використано на видобуток цього палива.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) – це інтерактивні комп'ютерні системи, які допомагають користувачам приймати рішення та робити вибір. Завдяки спрощенню комплексного аналізу даних і забезпеченню різноманітних форматів презентацій, користувачі СППР можуть приймати більш обґрунтовані рішення. Таким чином, основна мета СППР полягає в тому, щоб надати необхідну інформацію особі, яка приймає рішення, щоб допомогти йому або їй краще зрозуміти середовище прийняття рішень і доступні альтернативи [2].

Системи підтримки прийняття рішень, засновані на моделях оптимізації, можуть використовуватися в процесі вибору оптимального портфелю.

Управління портфелями проєктів енергозбереження на енергоємних підприємствах напряму пов'язано з методами оптимізації витрат на ці проєкти. Тому для розв'язання подібних задач доречно використовувати методи оптимізації інвестиційних портфелів, які влучно відображають специфіку та методику вирішення типових завдань.

II. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботі [1] розглядається тема вдосконалення управління енергоефективністю та енергозбереженням на підприємствах машинобудування. Там наголошується, що управління енергозбереженням здійснюється шляхом реалізації промислових проєктів, метою яких є досягнення максимальної енергетичної ефективності. Оцінка ефективності управління проєкту проводиться в результаті контролю та вимірювання енергозбереження на кожному етапі функціонування проєкту за показником, рівним співвідношенню між досягнутими або очікуваними результатами управління і витраченими ресурсами на формування і функціонування цих дій, що управляють. Оптимізація управління проєктами енергозбереження спрямована на досягнення максимальної ефективності проєкту і полягає у знаходженні з безлічі можливих варіантів управління за заданих обмежень і з урахуванням зовнішніх впливів таких допустимих керуючих впливів, які матимуть максимальні показники ефективності.

У роботі [3] запропоновано структуру комп'ютерної СППР при управлінні грошовими

потоками проєктів підприємства, що має в основі агентну імітаційну модель динамічного аналізу процесів управління ресурсами проєктів підприємства, яка здійснює аналіз ресурсного забезпечення проєктів з урахуванням різних варіантів фінансування.

У роботі [4] наводяться результати наукових досліджень у галузі управління ризиками при виборі інвестиційних проєктів у телекомунікаційній сфері із застосуванням СППР. В основі лежать методи, що ґрунтуються на дисконтованих оцінках та методах, заснованих на облікових оцінках.

У роботі [5] запропоновано СППР для розробки та управління проєктами в умовах невизначеності на основі моделювання за методом Монте-Карло та еволюційних алгоритмів.

У роботі [6] описано СППР, яка оптимізує вартість ресурсів при оцінці рентабельності інвестиційних проєктів у галузі біодизельного палива.

У роботі [7] розглядається розробка автоматичної системи оцінки, що ґрунтується на методі нечіткої логіки, для підтримки найкращого вибору заходів з енергозбереження, які застосовуватимуться до існуючих будівель. Інструмент був розроблений з урахуванням зимового опалення, з урахуванням деяких елементів конструкцій будівлі, що захищають, і успішно пройшов валідацію для підтвердження ефективності представленої методології.

У дослідженні [8] запропонована гнучка та розширювана СППР, яка: одночасно враховує всі різні критерії для визначення найбільш прийнятного портфелю проєктів, використовує найкращі характеристики існуючих методів шляхом декомпозиції перетворення процесу у гнучку та логічну серію дій із застосуванням найбільш відповідних методів на кожному етапі.

У роботі [9] розглядаються методи та інформаційні технології управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах. Представлена програмна реалізація системи оптимізації фінансового портфелю дає змогу використовувати її для будь-яких активів.

У роботі [10] запропоновано гібридну інтелектуальну систему, яка вирішує досить успішне інвестування в акції, що утворюють портфель. Ця система складається з двох основних частин: перша відповідає за купівлю та продаж акцій, управління портфелем і моніторинг придбаних акцій, а друга частина відповідає за вибір найкращих акцій для включення їх в портфель.

У роботі [11] було запропоновано модель відбору портфоліо, яка паралельно використовує два типи даних: технічні та фундаментальні дані. Створюючи експертну систему для кожного виду даних, оцінка прибутку та ризику для кожної акції для кожного короткострокового та довгострокового обсягу. Після цього були отримані вподобання користувачів, і шляхом агрегування з оціночними значеннями було створено унікальне портфоліо, яке могло б задовольнити вподобання користувачів.

III. МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є розробка програмного комплексу, що базується на методах прийняття рішень для управління портфелями проєктів енергозбереження на енергоємних підприємствах.

На даний час вдосконалення управління енергоефективністю та енергозбереженням є одним із пріоритетних напрямів. Тому що від правильного та раціонального використання енергоресурсів залежить прибуток підприємств, а також екологія кожної країни.

IV. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГУ МАТЕРІАЛУ І АНАЛІЗ ОТРИМАННИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У реальних умовах вибір портфелю зазвичай є складною проблемою. Хоча за допомогою багатьох критеріїв можна вивчити та класифікувати область рішення, у багатьох випадках деякі критерії відсутні або їх ваги є нереалістичними. З іншої точки зору можна помітити, що всі інвестори зацікавлені отримати більше, але не всі повністю задоволені. Тож, мета в цій сфері полягає не в тому, щоб знайти найкраще, а скоріше раціональне рішення. Передбачається, що інвестор має певний набір установок щодо бажаності різного рівня багатства. За деяких обставин цінні папери можна класифікувати за класами та запитати, як інвестор розподіляє між ними [12].

Концепція інвестиційного портфелю полягає в тому, щоб поєднати різні цілі інвестування, щоб уникнути концентрації занадто великого ризику на одній цілі з метою розподілу загального інвестиційного ризику. Будь-яку комбінацію двох або більше цінних паперів або активів можна назвати інвестиційним портфелем. За півстоліття модель середньої дисперсії Марковіца [13] стала загальнозрозумілою технікою в галузі інвестицій.

Гаррі Марковіц (1952) зробив великий крок у виборі портфоліо, представивши модель середньої дисперсії [13]. Модель все ще вважається дебютом для сучасної теорії вибору портфелю та стверджує, що ключову інформацію про портфель можна отримати з трьох вимірювань: очікуваної прибутковості (взято як середнє арифметичне), стандартних відхилень і кореляції між цими прибутками [14].

Визначаючи прибутковість інвестицій як середнє значення прибутків цінних паперів, а інвестиційний ризик як відхилення від середнього значення, Марковіц математично сформулював свої моделі двома способами: мінімізуючи дисперсію для даного

очікуваного значення або максимізуючи очікуване значення для даного відхилення. Модель дає точне рішення, коли вона має коваріаційну матрицю між усіма курсами акцій та оцінками прибутку. Незважаючи на те, що він має ризик і прибуток паралельно, він може досягти межі рішення, змінивши толерантність інвестора до ризику.

Отже, для управління портфелями проєктів енергозбереження на енергоємних підприємствах було вирішено взяти за приклад набір даних з щоденною скоригованою ціною закриття кожної акції за останні п'ять років для чотирьох ливарних підприємств:

а) Steel Dynamics Inc. (STLD);

б) Nucor Corporation (NUE);

в) United States Steel Corporation (X);

г) Cleveland-Cliffs Inc. (CLF).

Дані були взяті з ресурсу finance.yahoo.com [15] за допомогою бібліотеки «pandas_datareader» [16].

На рис. 1 зображена таблиця з даними, в якій стовпчики – це задана компанія, а рядки – це щоденна ціна на акції обраних компаній.

Date	STLD	NUE	X	CLF
2017-10-06	32.014229	49.295979	25.139444	6.723198
2017-10-09	31.430050	48.637531	24.145441	6.439120
2017-10-10	31.536276	48.611191	24.106838	6.448588
2017-10-11	31.846058	50.340725	24.319157	6.410711
2017-10-12	32.076180	50.410954	24.666565	6.476996
...	...	...	...	...
2022-09-30	70.949997	106.989998	18.120001	13.470000
2022-10-03	75.389999	114.330002	19.389999	14.620000
2022-10-04	78.019997	119.309998	20.430000	15.470000
2022-10-05	77.830002	117.849998	20.190001	15.410000
2022-10-06	77.870003	119.300003	19.750000	15.100000

[1259 rows x 4 columns]

Рисунок 1. Щоденна ціна на акції обраних компаній

На рис. 2 зображений графік, згенерований на основі попередньо отриманих даних. На ньому видно як ціна кожної акції змінювалася протягом заданого періоду часу.

Рисунок 2. Графік змін цін акцій

За графіком видно, що ціна на акції компанії Nucor Corporation найвища, серед усіх, а найнижча у Cleveland-Cliffs Inc. У 2020 році спостерігається колективне знецінення акцій з подальшим різким укріпленням у 2021 році.

Наступним графіком – є щоденна дохідність (відсоткова зміна порівняно з попереднім днем). На рис. 3 зображений графік щоденної прибутковості замість фактичних цін, на якому можна побачити волатильність (мінливість) акцій.

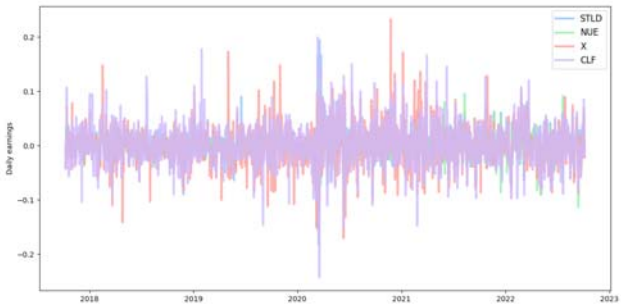

Рисунок 3. Щоденна дохідність

На графіку виділяється компанія Cleveland-Cliffs Inc, у якої багато позитивних сплесків і багато негативних, один, навіть, дуже негативній. United States Steel Corporation має найвищий позитивній сплеск. Компанію Nucor Corporation можна виділити, як найбільш урівноважену, після Steel Dynamics Inc. Тобто, можна можна зробити висновок, що Nucor Corporation найстабільніша серед всіх, а Cleveland-Cliffs Inc – найбільш ризикована.

Для генерації випадкових портфелів використовуються чотири акції. Спочатку розподіляється бюджет за кожною акцією у портфелі. Якщо загальний бюджет дорівнює 1, то можна визначити ваги для кожної акції, так що сума ваг дорівнюватиме 1. І значення ваги буде частиною бюджету, яку виділяється на певну акцію. Наприклад, якщо вага для Nucor Corporation дорівнює 0,5, це означає, що для цієї компанії виділяється 50% бюджету.

Згенерувавши 30 тисяч портфелів з випадковими вагами, призначеними для кожної акції, розраховується прибутковість, волатильність, коефіцієнт Шарпа та ваги, і щоб зробити це як розрахунок у річному обчисленні, береться до уваги 252 дні як кількість торгових днів на рік.

Стандартне відхилення портфелю розраховується наступним чином:

$$\sigma_{portfolio} = \sqrt{w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2w_1w_2Cov_{1,2}}.;$$

Цю формулу можна спростити, якщо використовувати матричні позначення:

$$\sigma_p^2 = [w_1 w_2]\begin{bmatrix}\sigma_1^2 & \sigma_{1,2}\\ \sigma_{1,2} & \sigma_2^2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}w_1\\ w_2\end{bmatrix} = [w_1\sigma_1^2 + w_2\sigma_{2,1} \; w_1\sigma_{1,2} + w_2\sigma_2^2]\begin{bmatrix}w_1\\ w_2\end{bmatrix} =$$
$$= w_1^2\sigma_1^2 + w_1 w_2\sigma_{2,1} + w_1 w_2\sigma_{1,2} + w_2^2\sigma_2^2.$$

За допомогою наведеного вище обчислення матриці отримується частина квадратного кореня у вихідній формулі. Як і у випадку з прибутковістю в річному обчисленні, береться 252 торгові дні, щоб розрахувати середньорічне стандартне відхилення портфелю.

Наступним кроком – є обчислення коефіцієнту Шарпа. Щоб зрозуміти коефіцієнт Шарпа, важливо розуміти ширшу концепцію прибутковості із поправкою на ризик. Прибутковість із поправкою на ризик уточнює прибутковість інвестицій, вимірюючи, який ризик пов'язаний з отриманням цього прибутку, який зазвичай виражається у вигляді числа чи рейтингу. Може існувати ряд різних методів вираження прибутковості з поправкою на ризик і коефіцієнт Шарпа є одним з них [17].

Коефіцієнт визначає, скільки надлишкового прибутку отримується за додаткову волатильність, яка відчувається при володінні більш ризикованим активом. Коефіцієнт Шарпа можна виразити такою формулою:

$$S = \left(\frac{R_p - R_f}{\sigma_p}\right),$$

де R_p - прибутковість активу,

R_f - прибутковість безризикової інвестиції,

σ_p - стандартне відхилення прибутковості активу [17].

Після генерації випадкових портфелів отримуються наступні значення: прибутковість портфелю, волатильність портфелю, коефіцієнт Шарпа та ваги для відповідного результату.

Для знаходження ефективної межі використовується функція оптимізації пакету Scipy – обчислюється найбільш ефективний портфель для заданої цільової прибутковості, береться діапазон цільового прибутку і обчислюється ефективний портфель для кожного рівня прибутковості.

Варто зазначити, що не можна виділити в цілому понад 100% бюджету. З цього випливає що будь-яка випадкова вага має бути включно між 0 і 1. Не можна вказати негативний розподіл бюджету на акцію або більше 100% розподілу на акцію.

Для визначення оптимізації для розрахунку портфелю з мінімальною волатильністю проводиться мінімізація цільової функції, використовуючи різні ваги з вище описаними обмеженнями.

На рис. 4 можливо побачити як розподіляється бюджет всередині згенерованих портфелях з максимальним розподілом за коефіцієнтом Шарпа та за мінімальним розподілом волатильності.

```
The maximum distribution of the portfolio according to the Sharpe ratio

Annual profit: 0.28
Annual volatility: 0.41


             STLD    NUE     X    CLF
allocation  30.78  51.41  0.06  17.74
--------------------------------------------------------------------------------
Minimum volatility portfolio allocation

Annual profit: 0.25
Annual volatility: 0.39


             STLD    NUE     X    CLF
allocation  10.38  88.32  0.57  0.73
```

Рисунок 4. Максимальній та мінімальний розподіл

Для портфелю з більшим ризиком та вищою прибутковістю найкращу прибутковість із виправленням на ризик дає той, який має максимальний коефіцієнт Шарпа. У цьому сценарії виділяється значна частина Nucor Corporation та Steel Dynamics Inc і найменше – United States Steel Corporation.

У портфелі з мінімальним ризиком виділяється Nucor Corporation – більша частина бюджету виділяється на неї. Якщо звернутися до графіку щоденної прибутковості (рис. 3), видно, що Nucor Corporation – найменш волатильна акція з чотирьох, тому виділення великого відсотка цій компанії для портфелю з мінімальним ризиком має значний сенс.

За графіком на рис. 5 видно, що програма, знайшовши портфель із найвищим коефіцієнтом Шарпа, відображає портфель із максимальним коефіцієнтом Шарпа у вигляді червоної зірочки. І робить аналогічні кроки для портфелю з мінімальною волатильністю та відображає його зеленою зіркою на графіку. Усі випадково згенеровані портфелі нанесені на карту із застосуванням до них колірної картки на основі коефіцієнта Шарпа. Чим більш жовтий колір, тим вищий коефіцієнт Шарпа.

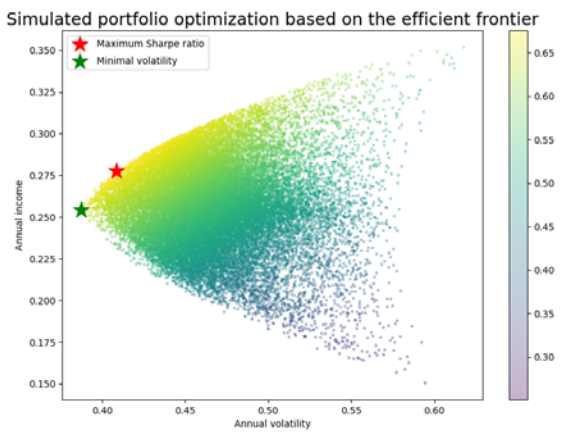

Рисунок 5. Імітована оптимізація портфелю на основі ефективної межі

На графіку випадково змодельованих портфелів бачимо, що він утворює форму дуги поверх згрупованих жовтих крапок. Ця лінія називається ефективною межею, тому що точки вздовж лінії дадуть найменший ризик для цільової прибутковості. Всі інші точки праворуч від лінії дають більш високий ризик за тієї ж прибутковості. Якщо очікувана прибутковість така сама, навіщо додатковий ризик, коли є варіант із меншим ризиком.

На цьому етапі отримано два види оптимального портфелю, шляхом моделювання безлічі можливих випадкових та вибору найкращих (або з мінімальним ризиком, або з максимальною прибутковістю з поправкою на ризик) портфелів.

Наступним кроком роботи програми – є зображення варіантів портфелів з максимальним коефіцієнтом Шарпа і мінімальною волатильністю з усіма випадково згенерованими портфелями, але цього разу не вибираються оптимальні із випадково згенерованих портфелів, а фактично обчислюються за допомогою функції пакету Scipy. Та будується ефективна лінія межі. Результати зображені на рис. 6 та рис. 7.

```
The maximum distribution of the Sharpe ratio portfolio

Annual profit: 0.28
Annual volatility: 0.41


             STLD    NUE    X    CLF
allocation  24.08  55.51  0.0  20.41
-----------------------------------------------------------
Minimum volatility portfolio allocation

Annual profit: 0.25
Annual volatility: 0.39


            STLD   NUE    X  CLF
allocation   9.8  90.2  0.0  0.0
```

Рисунок 6. Максимальній та мінімальний розподіл

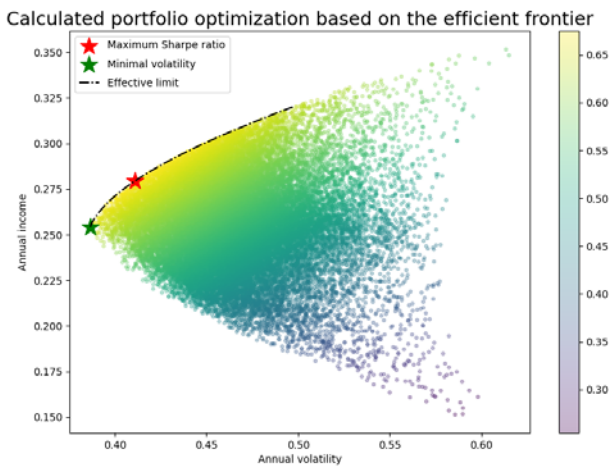

Рисунок 7. Розрахована оптимізація портфелю на основі ефективної межі

Отримано майже той самий результат, що при моделюванні з випадково згенерованими портфелями. Невелика відмінність полягає в тому, що функція оптимізації Scipy взагалі не виділяла будь-який бюджет для United States Steel Corporation в обох видах портфелів. А у портфелі з мінімальною волатильністю це виділяється бюджет для Cleveland-Cliffs Inc, як для найбільш ризикованої.

Замість того, щоб будувати кожен випадково згенерований портфель, можна нанести на графік (рис. 8) кожну окрему акцію з відповідними значеннями річної прибутковості та річного ризику 'кожної акції. Таким чином, можливо побачити та порівняти як диверсифікація знижує ризик за рахунок оптимізації розподілу.

Як видно з наведеного на рис. 8 графіку та таблиці на рис. 9, найменший ризик у акцій Nucor Corporation і становить 0,39. Якщо є готовність взяти трохи більший ризик 0,43 для компанії Steel Dynamics Inc, можна досягти вищої прибутковості – 0,27, проти 0,25.

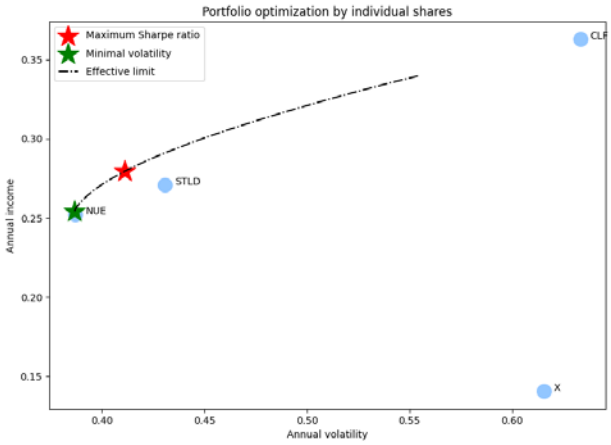

Рисунок 8. Оптимізація портфелю за індивідуальними акціями

```
Індивідуальна прибутковість акцій і волатильність

STLD : Annual profit 0.27 , Annual volatility: 0.43
NUE : Annual profit 0.25 , Annual volatility: 0.39
X : Annual profit 0.14 , Annual volatility: 0.62
CLF : Annual profit 0.36 , Annual volatility: 0.63
```

Рисунок 9. Максимальній, мінімальний розподіл та індивідуальні показники

Якщо взяти найвищий ризик 0,63 у компанії Cleveland-Cliffs Inc, то можна отримати найбільший прибуток – 0,36. А у компанії United States Steel Corporation за волатильністю 0,62 розрахований річний прибуток лише 0,14 – найменший серед всіх.

V. ВИСНОВКИ

У роботі було проаналізовано актуальну проблему енергоефективності на енергоємних

підприємствах. Виявилось, що ця тема дуже важлива для сьогодення.

Інвестування у підвищення енергоефективності призводить до скорочення витрат на енергію, покращення надійності постачання та зниження впливу на навколишнє середовище.

Незважаючи на це, багато реальних можливостей для більш високої енергоефективності не використовуються через небездоганне управління портфелями інвестицій в енергозбереження. Ці втрачені можливості призводять до численних витрат і мають особливий вплив на природу, що для сьогодення є точкою концентрації.

Після аналізу значної кількості публікацій було розроблено програмний комплекс, що базується на методах прийняття рішень, який може використовуватись для управління портфелями проєктів енергозбереження на енергоємних підприємствах.

Розробка довела свою ефективність при знаходженні оптимального портфелю акцій компаній зі сфери ливарної промисловості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] Веремеєнко, О. О. Оцінка енергоефективності підприємств машинобудування та розроблення проектів з її підвищення / О. О. Веремеєнко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство. - 2018. - Вип. 19(1). - С. 43-46.

[2] Weber, B. W. Financial DSS: Systems for supporting investment decisions. Handbook on Decision Support Systems 2 / Weber, B. W. // Springer Berlin Heidelberg. – 2008. - P. 419–442.

[3] Кійко, С. Т. Система підтримки прийняття рішень при управлінні грошовими потоками проектів підприємства [Текст] / С. Т. Кійко // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. - 2014. - № 4 (68) - С. 145-149. – ISSN 1814-4225

[4] Кравченко, Т. К. Системи підтримки прийняття рішень в оцінці ефективності інвестиційних проектів у телекомунікаційній сфері / Т. К. Кравченко // Прикладна інформатика. - 2014. - № 5 (53) - С. 119-132. – ISSN 1993-8314

[5] Zhang, S. X. An Evolutionary Real Options Framework for the Design and Management of Projects and Systems with Complex Real Options and Exercising Conditions / S. X. Zhang, V. Babovic // Decision Support Systems. – 2011. – Vol. 51. – № 1. – P. 119–129.

[6] Olteanu Alin Paul. A Decision Support System (DSS) for Project Management in the Biodiesel Industry / Alin Paul Olteanu // Informatica Economică. – 2011. – Vol. 15. – № 4. – P. 189–202.

[7] Development of a Decisional Procedure Based on Fuzzy Logic for the Energy Retrofitting of Buildings / Barelli L., Belloni E., Bidini G., Buratti C.; Pinchi E.M. // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, 9318. – P. 6-12.

[8] Lin, C. A fuzzy decision support system for strategic portfolio management / C. Lin, P.-J. Hsieh // In Decision Support Systems Vol. 38, Issue 3. – 2004. – P. 383–398.

[9] Дубровін В.І. Енергозбереження на енергоємних підприємствах / В.І. Дубровін, Л.Ю. Дейнега, В.В. Лактіонов // Електротехніка та електроенергетика. – 2022. – No2. – С. 58-68.

[10] Casanova, Isidoro J. Portfolio Investment Decision Support System Based on a Fuzzy Inference System / Isidoro J. Casanova // Studies in Computational Intelligence. – 2012. – P. 184-187.

[11] Zarei, H. A New Fuzzy Dss/Es For Stock Portfolio Selection Using Technical And Fundamental Approaches In Parallel / H. Zarei, M. H. Fazel Zarandi, M. Karbasian // Zenodo. – 2009. – P. 1-4.

[12] Breen, W. Specific versus General Models of Portfolio Selection / W. Breen // Oxford Economic Papers. – 1968, November. – P. 361- 368.

[13] Markowitz, H. Portfolio selection // H. Markowitz // Journal of Finance. – 1952. – Vol. 7(1)/ P. 77–91.

[14] A framework of Web-based Decision Support Systems for portfolio selection with OLAP and PVM / J. Dong, H. S. Du, S. Wang, K. Chen, X. Deng // Decision Support Systems. – 2004. – No.37. – P. 367– 376.

[15] Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News [Electronic resource]. – Access mode: https://finance.yahoo.com/.

[16] Pandas-datareader [Electronic resource]. – Access mode: https://pandasdatareader.readthedocs.io/en/latest/.

[17] Performance Evaluation of Two Optimal Portfolios by Sharpe's Ratio [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/publication/228671028_Performance_Evaluation_of_Two_Optimal_Portfolios_by_Sharpe's_

DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING PORTFOLIOS OF ENERGY SAVING PROJECTS AT ENERGY-INTENSIVE ENTERPRISES

DUBROVIN V.I. Ph.D, Professor, Software Tools Department, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: vdubrovin@gmail.com;

DEINEGA L.Y. Senior lecturer, Software Tools Department, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: deynega.larisa@gmail.com;

LAKTIONOV V.V. Student, Software Tools Department, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: wyknait@gmail.com;

Purpose. *Development of a software complex based on decision-making methods for managing a portfolio of energy-saving projects at energy-intensive enterprises.*

Methodology. *To solve the problem of managing project portfolios, Markowitz's portfolio theory of financial investments was chosen, which allows for the most profitable distribution of portfolio risk and performing income assessment using optimization methods. In combination with this theory, it was determined to use the methods of finding the maximum Sharpe ratio, as well as the minimum volatility based on a data package of randomly generated portfolios.*

Findings. *As a result of the work performed, a software system was developed, which has in its functionality the automatic download of a data package of selected shares for the specified period of time from the electronic resource, generates a random portfolio and performs its optimization by maximizing the Sharpe ratio and minimizing the volatility of the portfolio. Also, the program has the ability to display the results of optimization of the generated portfolio in the form of tables and graphs.*

The decision support system for managing portfolios of energy-saving projects was considered through its generalization to methods of optimizing investment portfolios, but taking into account the specifics of the subject area.

The software complex was tested on a data set of share prices in energy-intensive enterprises. Graphical data and tables obtained as a result of system operation allow the program user to evaluate fully the created energy saving project portfolio.

Originality. *The developed software system combines right away several methods, namely: methods of optimizing an investment portfolio according to Markowitz's portfolio theory, methods of finding the maximum Sharpe ratio and methods of finding minimum volatility. This solution allows you to use the system to solve a wide range of tasks.*

Practical value. *The completed development makes it possible to optimize conveniently the investment portfolios for various assets, which makes it possible to use the development of energy saving project portfolio management in energy-intensive enterprises. Also, the system can serve as a basis for such developments.*

Keywords: decision support system; portfolio management; model Harry Markowitz; Sharpe coefficient; energy saving; energy-intensive enterprises.

REFERENCES

[1] O. O. Veremeyenko (2018) Otsinka enerhoefektyvnosti pidpryiemstv mashynobuduvannia ta rozroblennia proektiv z yii pidvyshchennia [Energy efficiency assessment of machine-building enterprises and development of projects to increase it]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriia : Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo*. 19(1), 43-46. (in Ukrainian.)

[2] Weber, B. W. (2008). Financial DSS: Systems for supporting investment decisions. Handbook on Decision Support Systems 2. Springer Berlin Heidelberg, 419–442.

[3] Kiyko, S. T. (2014) Systema pidtrymky pryiniattia rishen pry uprav-linni hroshovymy potokamy proektiv pidpryiemstva [Decision-making support system for cash flow management of enterprise projects]. *Radioelektronni ta kompiuterni systemy,* 4 (68), 145-149. ISSN 1814-4225 (in Ukrainian.)

[4] Kravchenko, T. K. (2014) Systemy pidtrymky pryiniattia rishen v otsintsi efektyvnosti investytsiinykh proektiv u telekomu-nikatsiinii sferi [Decision support systems in evaluating the effectiveness of investment projects in the telecommunications sphere *Prykladna informatyka,* 5 (53), 119-132. ISSN 1993-8314 (in Ukrainian.)

[5] Zhang, S. X., Babovic, V. (2011) An Evolutionary Real Options Framework for the Design and Management of Projects and Systems with Complex Real Options and Exercising Conditions. *Decision Support Systems,* 51, 1, 119–129.

[6] Olteanu Alin Paul. (2011) A Decision Support System (DSS) for Project Management in the Biodiesel Industry. *Informatica Economica,* 15, 4, 189–202.

[7] Barelli, L., Belloni, E., Bidini, G., Buratti, C., Pinchi E.M. (2021) Development of a Decisional Procedure Based on Fuzzy Logic for the Energy Retrofitting of Buildings. *Sustainability*, 13, 9318, 6-12.

[8] Lin, C., Hsieh, P.-J. (2004). A fuzzy decision support system for strategic portfolio management. *In Decision Support Systems*, 38, 3, 383–398.

[9] Dubrovin V.I., Deineha, L.Y., Laktionov V.V. (2022) Enerhozberezhennia na enerhoiemnykh pidpryiemstvakh [Energy saving at energy-intensive enterprises]. *Elektrotekhnika ta elektroenerhetyka,* 2, 58-68. (in Ukrainian.)

[10] Casanova, Isidoro J. (2012). Portfolio Investment Decision Support System Based on a Fuzzy Inference System. *Studies in Computational Intelligence,* 399, 184-187.

[11] H. Zarei, M. H. Fazel Zarandi, & M. Karbasian. (2009). A New Fuzzy Dss/Es For Stock Portfolio Selection Using Technical And Fundamental Approaches In Parallel. Zenodo, pp. 1-4.

[12] Breen, W. (1968) Specific versus General Models of Portfolio Selection. *Oxford Economic Papers*, November, 361- 368.

[13] Markowitz, H. (1952) Portfolio selection. *Journal of Finance,* 7(1), 77–91.

[14] Dong, J., Du, H. S., Wang, S., Chen, K., Deng, X. (2004) A framework of Web-based Decision Support Systems for portfolio selection with OLAP and PVM. *Decision Support Systems*, 37, 367–376.

[15] Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News [Electronic resource]. - Access mode: https://finance.yahoo.com/.

[16] Pandas-datareader [Electronic resource]. – Access mode: https://pandasdatareader.readthedocs.io/en/latest/.

[17] Performance Evaluation of Two Optimal Portfolios by Sharpe's Ratio [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/publication/228671028_Performance_Evaluation_of_Two_Optimal_Portfolios_by_Sharpe's_.