

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-37>

УДК 330.322.005.8

# БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ПОРТФЕЛЯ РЕАЛЬНИХ ІНВЕСТИЦІЙ

## MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF THE REAL INVESTMENT PORTFOLIO STRUCTURE

**Гіріна Ольга Борисівна**кандидат економічних наук, доцент,  
Одеський національний морський університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5917-6551>**Івченко Владислав Павлович**аспірант,  
Одеський національний морський університет  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8291-5532>**Girina Olga, Ivchenko Vladislav**

Odessa National Maritime University

У статті розглянута оптимізація інвестиційної політики підприємств. Дається характеристика трьох основних типів «моделей» цього процесу, в основі яких лежать оцінки експертів, економічні показники й розподіл обсягу капіталовкладень. У якості показників ефективності проектів рекомендується розглядати фінансові показники з урахуванням дисконтування грошових потоків: чисту поточну вартість, індекс рентабельності, внутрішню норму прибутковості. Система показників ефективності дозволяє ранжувати інвестиційні проекти за рівнем їх привабливості, що робить доцільним використання багатокритеріального підходу. Розглянута цілочисленна модель обґрунтування оптимального портфеля реальних інвестицій з векторним критерієм на максимум узагальненої адитивної функції цінності системи показників ефективності проектів. На її підставі виконані розрахунки контрольного прикладу.

**Ключові слова:** портфель реальних інвестицій, критерії ефективності капітальних вкладень, інвестиційна політика.

The article examines the optimization of the enterprise's investment policy, which is formed through the distribution of the enterprise's capital investments in the process of forming a portfolio of real investments. The description of three main types of "models" of this process is given, which are based on expert assessments, economic indicators and the distribution of the volume of capital investments. The first two types of models will be used mainly by practical managers to solve the task of setting project priorities. As for the models of distribution of capital investments, they are mainly the prerogative of systems researchers and will be used to solve the problem of optimal allocation of funds. In the review of studies on the issue of real investment portfolio optimization there are examples of the use of integer programming methods. As a rule, indicators of the efficiency of investment activities, factors of uncertainty and risks are considered as optimization criteria, taking into account market and social restrictions. The task of this study is to substantiate the choice of a mathematical model of the problem of optimizing a portfolio of real investments using a multi-criteria approach. Improvement of this process can be performed on the basis of the calculations of the control example. It is recommended to consider financial indicators taking into account the discounting of cash flows as performance indicators: net present value of the project, profitability index, internal rate of return. The overall efficiency of the investment portfolio is calculated as the sum of the net present value of the projects included in it. The system of performance indicators allows ranking investment projects according to their level of attractiveness, which makes it expedient to use a multi-criteria approach when forming a portfolio. An integer model of the optimal portfolio of real investments with a vector criterion for the maximum of the generalized additive value function of the system of project performance indicators is considered. Based on it, the calculations of the control example were performed.

**Keywords:** real investment portfolio, capital investment efficiency criteria, investment policy.

**Постановка проблеми.** Розробка та реалізація інвестиційних проєктів розглядаються як найважливіші стратегічні інструменти сталого розвитку підприємств. Як правило, інвестори мають справу не з одиничними незалежними інвестиціями, а з комплексом різних інвестиційних проєктів, що пов'язано з бажанням вкладника уникнути можливих збитків через локальні несприятливі економічні умови у тій сфері, яка була обрана об'єктом інвестиційного процесу. Це обумовлює актуальність теми даного дослідження. Метою роботи є обґрунтування моделей вибору проєктів реальних інвестицій на підставі багатокритеріального підходу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інвестиційний портфель – цілеспрямовано підібрана група об'єктів реального і фінансового інвестування, призначених для здійснення інвестиційної діяльності згідно з розробленою інвестиційною стратегією.

Нестабільність у вітчизняному бізнес-середовищі, що характеризується підвищеним рівнем ризику при інвестуванні, недостатністю інформації щодо ситуації на ринку, неможливістю її точного прогнозування та суттєвим впливом на ринкову ситуацію політичної кон'юнктури обумовлюють актуальність пошуку наукових шляхів вирішення проблеми управління реальними активами в структурі інвестиційного портфеля підприємства за сучасних умов [1, с. 4].

В статті Пушенко К. О. [1] досліджено особливості ринку реальних інвестицій України, що характеризується нестабільністю, викликану як загальноекономічною ситуацією, так і суттєвою нерозвиненістю законодавчої бази, основною проблемою якої є недостатнє врахування потреб захисту інтересів інвесторів. Автор вважає за необхідне процес формування інвестиційного портфеля розглядати із врахуванням об'єктів як фінансового, так і реального інвестування.

В роботі Гетьман О. М. [2] розглянуті теорії моделювання управління інвестиційним портфелем, які дають змогу зробити висновок, що виходячи з розглянутих завдань пріоритетним є не максимізація прибутку від інвестиційної діяльності, а забезпечення високих темпів економічного розвитку акціонерного товариства при достатньому рівні його фінансової надійності.

В статті Пенцак С. П. [3] доводиться, що економічну базу для виходу економіки країни з кризи може забезпечити реалізація інвестиційних проєктів з розвитку реального вироб-

ництва. Однак, як свідчать результати досліджень, більшість підприємств не розробляють стратегію власного розвитку з урахуванням вимог ринкової економіки. Оцінка ефективності інвестиційної діяльності підприємства повинна враховувати стратегічні цілі розвитку, шляхи їхнього досягнення, забезпечувати можливість вибору найбільш ефективного варіанту з числа альтернативних інвестиційних проєктів. Це відповідає положенням теорії ефективності, що забезпечує порівняльну оцінку відносно результату діяльності до витрат, які обумовлюють його досягнення.

Призначення моделі вибору проєктів полягає в тому, щоб допомогти керівникові встановити пріоритет і здійснити вибір підходящих проєктів. Існує три основних типи моделей цього процесу, в основі яких лежать оцінки експертів, економічні показники й розподіл обсягу капіталовкладень. Перші два типи моделей використовуються головним чином керівниками-практиками для рішення завдання встановлення пріоритетів проєктів. Що стосується моделей розподілу капіталовкладень, то вони в основному є прерогативою дослідників систем і використовуються для рішення завдання оптимального розподілу засобів.

Одним з методів оцінки інвестиційної привабливості є експертний метод, заснований на використанні думок фахівців підприємств. Основними ознаками, які використовуються для оцінки інвестиційної привабливості підприємства, є: експортний потенціал підприємства; науково-технічний потенціал підприємства; стабільність ринку продукції, яка випускається; фінансова стійкість підприємства; тривалість виробничого циклу; необхідний обсяг інвестицій.

Якщо проєкти мають в основному дослідницький характер, як, наприклад, проєкти фундаментальних наукових досліджень, то, як правило, ми маємо у своєму розпорядженні тільки якісну інформацію й керуючі змінні можуть мати більший ступінь невизначеності. У цьому випадку запропоновані проєкти часто приймаються або відкидаються на підставі думок, висловлених декількома членами або іншими компетентними особами, що працюють у даній області. Їхня точка зору щодо використання набору критеріїв або характеристик, яким повинен задовольняти прийнятий проєкт, виявляється корисною при прийнятті рішень.

Якщо ми маємо істотну інформацію щодо порівняльної значимості критеріїв і проєкти

можуть «порівнюватися» принаймні шляхом упорядкування, то в цьому випадку неважко перейти від оцінок експертів до розробки оцінних моделей. У таких моделях кожний з можливих проєктів ( $i = 1, \dots, n$ ) оцінюється в балах по деякій шкалі для кожного із  $k$  критеріїв ( $k = 1, \dots, p$ ). Ці бальні оцінки критеріїв  $s_{ik}$  для кожного проєкту множаться на вагові множники кожного критерію  $W_{ik}$ , результати сумуються й виходить сумарна оцінка  $T_i$  у балах для кожного проєкту. Проєкти можуть бути потім проранжовані у відповідності зі значеннями оцінок  $T_i$  [4, с. 270; 5, с. 291; 6].

В якості простої оцінної моделі можна, наприклад, використати формулу (1):

$$T_i = \sum_z s_{ik} W_{ik}, \quad (1)$$

де  $s_{ik}$  – бали  $k$ -го критерію для  $i$ -го проєкту;  
 $W_{ik}$  – вагові множники кожного  $k$ -го критерію для  $i$ -го проєкту.

Процедура використання оцінних моделей полягає в наступному. Спочатку, як правило, складається перелік критеріїв або характеристик для оцінки можливих варіантів проєкту. Потім розробляється шкала оцінок для критеріїв (характеристик) проєкту, по яких оцінюються можливі проєкти. Для кількісних критеріїв (характеристик), таких, як витрати, прибуток т.п., шкала оцінок може розроблятися або на основі даних минулого досвіду, або на основі очікуваних у майбутньому значень. Оцінні моделі дозволяють комбінувати якісні й кількісні показники.

Моделі розподілу капіталовкладень між різними наявними проєктами необхідні для керівних органів, відповідальних за розподіл обмежених ресурсів, що перебувають у їхньому розпорядженні. Метою подібного розподілу є максимізація загальної ефективності використовуваних ресурсів. Ефективність моделі в цьому випадку визначається якістю формованого з її допомогою портфеля замовлень. (проєктів).

Оптимізаційні завдання розвитку виробництва класифікуються по ряду ознак: критерію оптимальності, способу опису варіантів реконструкції й будівництва підприємств, способу обліку динаміки розвитку підприємства. Моделі планування капітальних вкладень у розвиток підприємств морського транспорту розглянуті у роботі Махуренко Г. С. [7] як на рівні окремих компаній, так і для системи портів та видів транспорту.

В статті Базалюк О., Жихаревої В. із співавторами [8] розглядається розробка кіль-

кісного підходу до визначення інвестиційного портфеля судноплавної компанії з урахуванням вартості власного капіталу. Пропонована модель, в якій максимізується сукупний вільний грошовий потік, пов'язаний з реалізацією довгострокової програми поповнення парку. Управління портфелем здійснюється шляхом всебічного аналізу запропонованих проєктів та варіантів їх реалізації. Розглянута економіко-математична модель портфеля реальних інвестицій флоту також може бути покладена в основу комплексного інвестиційного аналізу грошових потоків проєктів поповнення флоту [9].

В роботі Васькова О. М. [10] пропонується модель оптимізації формування портфеля інвестиційних проєктів в умовах невизначеності, за допомогою якої визначаються такі значення часток проєктів в портфелі даного інвестора, при яких ризик буде мінімальним. Розраховані частки для відповідних інвестиційних проєктів дозволяють інвестору сформувати інвестиційний портфель таким чином, що при мініальному ризику за розміром дисперсії прибутку  $\sigma_p$  інвестор забезпечить собі рівень сподіваного доходу за невизначеності умов інвестиційного середовища.

В роботі Chopra, Vijay K; Ziemba, William [11, с. 15] було встановлено, що цільова функція портфеля, яка заснована на дисперсії, буде впливати на чутливість складу оптимального портфеля до помилок оцінки очікуваної доходності базових активів.

У статті Стадник Ю. А., Жумік О. В. [12, с. 376] розглянуто багатокритеріальне завдання оптимізації формування портфеля інвестиційних проєктів, критеріями якого є значення таких показників інвестиційних проєктів, як чиста поточна вартість, внутрішня норма прибутковості, період окупності інвестицій. Наведено приклад реалізації моделі розглянутого завдання з використанням функцій цінності обраних показників.

Більшість зарубіжних досліджень присвячені саме оптимізації портфеля фінансових активів [13; 14]. Але маючи на увазі необхідність на практиці формувати змішані портфелі реальних і фінансових інвестицій, можемо відмітити деякі схожі проблеми у зв'язку з необхідністю багатокритеріального підходу у їх формуванні. Так в роботі Joaquín Pacheco зі співавторами [13] пропонується модель вибору інвестиційних портфелів із трьома цілями. На додаток до традиційних цілей максимізації прибутковості та мінімізації ризиків також розглядається максимізація

соціальної відповідальності. Соціальна відповідальність розглядається як обмеження, що встановлює мінімальний рівень або попередній вибір активів, які вже відомі як соціально відповідальні.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Огляд досліджень з питання оптимізації портфеля реальних інвестицій дає приклади використання методів цілочисельного програмування, в яких може бути враховані як головні інвестиційні ресурси підприємства, так і попит на продукцію, що встановлюється на ринку. У якості критеріїв оптимізації розглядаються, як правило, показники ефективності інвестиційної діяльності, фактори невизначеності та ризиків з урахуванням ринкових та соціальних обмежень.

Що стосується практичного застосування розглянутих моделей оптимізації інвестиційного портфеля в умовах інвестиційної діяльності вітчизняних підприємств, то слід зазначити, що на сьогоднішній день в більшості випадків досліджуються лише теоретичні аспекти, оскільки спроби їх практичного застосування не дають бажаного результату.

**Постановка завдання.** Завдання даного дослідження полягає в обґрунтуванні вибору математичної моделі задачі оптимізації портфеля реальних інвестицій з використанням багатокритеріального підходу. Вдосконалення цього процесу виконано на підставі розрахунків контрольного прикладу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Далі аналізується можливість використання математичного програмування для оцінної моделі формування портфеля реальних інвестицій з векторним критерієм. Відповідно до такого підходу, необхідно знайти такий набір параметрів керування  $x_i$  ( $x_i = 0$  або  $1$ ) для проектів  $i = 1; n$ , при якому досягається максимум узагальненої адитивної функції цінності (2) показників ефективності  $k = 1; p$  проектів, які включені у портфель.

$$Z1 = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{k=1}^p \alpha_k \cdot f_{ki} \right) \cdot x_i, \quad (2)$$

де  $f_{ki}$  – значення  $k$ -го показника ефективності  $i$ -го проекту,

$\alpha_k$  – вагові коефіцієнти показників, які обчислюються за формулою (3):

$$\alpha_k = \frac{1}{f_k^*(x) - f_k^0(x)}, \quad k = 1; p, \quad (3)$$

де  $f_k^*(x); f_k^0(x)$  – межі варіації значень  $k$ -го показника ефективності.

В моделі використовується обмеження на обсяг капітальних вкладень (4) та умови булевих змінних (5):

$$\sum_{i=1}^n R_i \cdot x_i \leq R. \quad (4)$$

$$x_i \in (0,1), \forall i \in I, \quad (5)$$

де  $R_i$  – ресурси, виділені  $i$ -му проекту,  $R$  – загальна кількість ресурсів; значення  $x_i$  (змінна вибору) залежить від того, обраний ( $x_i = 1$ ) чи ні ( $x_i = 0$ )  $i$ -й проект.

Більш простою формою урахування деякої кількості показників для прийняття рішення про структуру портфеля може бути ранжування проектів в залежності від значень тих чи інших показників. Тоді цільова функція буде записана формулою (6):

$$Z2 \max = \sum_{i=1}^n T_i \cdot x_i, \quad (6)$$

де  $T_i$  – сума рангів показників ефективності  $i$ -го проекту, які можна використати для його оцінки. Якщо розглядається  $i = 1; n$  проектів, то найкращому значенню кожного однойменного показника ефективності присвоюємо найбільший ранг  $r = n$ , а найгіршому – ранг  $r = 1$ . Потім ранги різних показників кожного проекту сумуються.

У якості критеріїв ефективності проектів рекомендується розглядати фінансові показники з урахуванням дисконтування грошових потоків: чисту поточну вартість проекту, індекс рентабельності, внутрішню норму прибутковості. Серед цих показників лише чиста поточна вартість проекту (NPV) має властивість адитивності та дозволяє загальну ефективність портфеля інвестицій розраховувати як суму чистої поточної вартості включених до нього проектів. Для контролю та опису результатів оптимізації розраховується показник NPV портфеля за формулою (7):

$$Z3 \max = \sum_{i=1}^n NPV_i \cdot x_i. \quad (7)$$

В контрольному прикладі розглядається процес формування портфеля реальних інвестицій на базі 8 проектів. Ефективність інвестування у кожний проект оцінена на підставі показників: чиста поточна вартість (NPV, млн. \$), індекс рентабельності (PI), внутрішня норма прибутковості (IRR, %). Відомий розмір інвестицій у кожний проект ( $R_i$ , млн. \$). (табл. 1).

Розмір портфеля становить загальний обсяг капітальних вкладень ( $R = 65$  млн \$). Треба відібрати до портфеля проекти з урахуванням усіх заданих показників ефективності.

Таблиця 1

**Ранжування інвестиційних проєктів за величиною заданих показників ефективності**

Показники	Інвестиційні проєкти i=1;8							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Інвестиції (Ri), \$	50	35	30	25	15	10	10	1
Чиста поточна вартість (NPV), \$	12	15	42	1	10	11	13	0,1
Ранг (NPV)	5	7	8	2	3	4	6	1
Індекс рента-бельності (PI)	0,24	0,43	1,4	0,04	0,67	1,1	1,3	0,1
Ранг (PI)	3	4	8	1	5	6	7	2
Внутрішня норма прибутковості IRR (%)	15	19	28	26	20	37	25	18
Ранг (IRR)	1	3	7	6	4	8	5	2
Сума рангів за проєктом	9	14	23	9	12	18	18	5

Джерело: розраховано авторами

За кожним показником проєкти ранжуються таким чином:  $r = 8$  присвоюється проєкту з найкращим значенням показника. Потім за кожним проєктом ранги усіх показників його ефективності сумуються.

Для оптимізації за критерієм (2) функції цінності критеріїв ефективності проєктів потрібно розрахувати вагові коефіцієнти (3) за кожним обраним показником на множині ефективних проєктів. Характеристику множини ефективних об'єктів інвестування та вагові коефіцієнти функції цінності представлено в таблиці 2.

Зазначимо, що у нашому випадку усі проєкти можна вважати ефективними, оскільки жоден із них не є строго пріоритетнішим від іншого.

Наступним етапом є обчислення показників цінності кожного з об'єктів інвестування, знайдені значення яких наведено в таблиці 3.

На підставі таблиць 1–3 запишемо математичну модель задачі формування портфелю реальних інвестицій контрольного прикладу за числовими даними:

$$Z1_{max} = 1,145 * x_1 + 1,537 * x_2 + 3,305 * x_3 + 1,235 * x_4 + 1,638 * x_5 + 2,753 * x_6 + 2,403 * x_7 + 0,894 * x_8 \quad (8)$$

$$Z2_{max} = 9 * x_1 + 14 * x_2 + 23 * x_3 + 8 * x_4 + 12 * x_5 + 18 * x_6 + 18 * x_7 + 5 * x_8 \quad (9)$$

$$50 * x_1 + 35 * x_2 + 30 * x_3 + 25 * x_4 + 15 * x_5 + 10 * x_6 + 10 * x_7 + 1 * x_8 \leq 65 \quad (10)$$

$$x_i \in (0,1), i = \overline{1,8}, \quad (11)$$

$$Z3_{max} = 12 * x_1 + 15 * x_2 + 42 * x_3 + 1 * x_4 + 10 * x_5 + 11 * x_6 + 13 * x_7 + 0,1 * x_8. \quad (12)$$

Розрахунок оптимальної структури портфеля реальних інвестицій для контрольного прикладу на підставі моделі (8)-(12) виконано за допомогою «Пошука рішень» Excel. Оптимізація портфеля за критерієм (8) максимум функції цінності та за критерієм (9) максимум суми рангів показників ефективності портфеля дала еквівалентні результати, які збігаються з результатами оптимізації на

Таблиця 2

**Вагові коефіцієнти критеріїв у функції цінності Z1**

Номер показника k	Критерії ефективності інвестиційних проєктів	Значення критеріїв на множині ефективних проєктів		Вагові коефіцієнти $\alpha_k = \frac{1}{f_k^*(x) - f_k^0(x)}$
		$f_k^*(x)$	$f_k^0(x)$	
1	NPV(млн \$), до максимуму	42	0,1	$1/(42-0,1)=0,0239$
2	PI, до максимуму	1,4	0,04	$1/(1,4-0,04)=0,735$
3	IRR(%), до максимуму	37	15	$1/(37-15)=0,0455$

Джерело: розраховано авторами

Таблиця 3

**Розрахунок коефіцієнтів функції цінності Z1 показників ефективності для окремих проєктів**

Показники	Інвестиційні проєкти і = 1;8							
	A	B	C	D	E	F	G	H
NPV(i)	12	15	42	1	10	11	13	0,1
NPV(i)*1/(NPV*-NPV <sub>0</sub> )	0,286	0,358	1,002	0,024	0,239	0,263	0,310	0,002
PI(i)	0,24	0,429	1,4	0,04	0,67	1,1	1,3	0,1
PI(i)*1/(PI*-PI(0))	0,176	0,315	1,029	0,029	0,490	0,809	0,956	0,074
IRR(i)	15	19	28	26	20	37	25	18
IRR(i)*1/(IRR*-IRR(0))	0,682	0,864	1,273	1,182	0,909	1,682	1,136	0,818
Коефіцієнти функції цінності $\sum fk(i)/(fk*-fk(0))$	1,145	1,537	3,305	1,235	1,638	2,753	2,403	0,894

*Джерело: розраховано авторами*

Таблиця 4

**Оптимальний портфель інвестицій за критеріями Z1, Z2, Z3**

Показники		Інвестиційні проєкти і = 1; 8							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Розмір інвестиції (Ri)		50	35	30	25	15	10	10	1
Сума рангів за проєктом		9	14	23	9	12	18	18	5
Рішення $X1^* = \{Xi\}$		0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00
Ліва частина	права	Обмеження на капітальні вкладення							
65	65	0	0	30	0	15	10	10	0
$Z1^* = \sum \sum fk(xi)/(fk*fk)*Xi = 10,098$		0,00	0,00	3,305	0,00	1,638	2,753	2,403	0,000
$Z2^* = \sum r(i)*Xi = 71,00$		0	0	23	0	12	18	18	0
$Z3^* = \text{Сума NPV} = 76,00$		0	0	42	0	10	11	13	0

*Джерело: розраховано авторами*

максимум NPV портфеля (12). Ці результати оптимізації розміщені в таблиці 4.

За результатами оптимізації був отриманий портфель, до якого увійшли чотири проєкти С, Е, F, G. Чистий ефект (NPV) оптимального портфеля складає 76 млн. доларів. Еквівалентність результатів оптимізації за розглянутими критеріями, на наш погляд, може бути обумовлена тим, що проєкти, які розглядаються у прикладі, упорядковуються за усіма критеріями Z1, Z2, Z3 однаковим чином. Другою причиною являється взаємозв'язок між самими показниками ефективності. Тому розширення їх переліку у векторному критерію, наприклад, урахування строку окупності може змінити результати оптимізації.

**Висновки.** Запропонована оптимізаційна модель (2)-(7) для формування портфеля реальних інвестицій, в якій поєднані риси оцінних моделей та моделей розподілу капітальних вкладень між об'єктами інвестування

з булевими змінними та векторним критерієм. Критерії, що виражені функцією цінності показників ефективності різних об'єктів інвестування (2) або сумою рангів показників проєктів (6), дозволяють втілити багатокритеріальний підхід у поставленій задачі. Узагальнюючий ефект портфеля вимірюється сумою NPV (7) усіх включених до нього проєктів. Ця модель може бути розширена додатковими обмеженнями ринкового або соціального змісту у конкретних умовах моделювання, що може поширити область її використання.

Розрахунки портфеля з урахуванням ризиків потребує на додаткову інформацію про очікувані грошові потоки за кожним проєктом та їх ймовірністю з метою розрахунків їх дисперсії відносно планового рівня прибутку. Урахування дисперсії в цільовій функції моделі дозволить збалансувати максимальний ефект від інвестицій з мінімальним рівнем інвестиційних ризиків, що може бути метою подальших досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Пушенко К. О. Управління реальними активами інвестиційного портфеля підприємства в умовах нестабільності. *Ефективна економіка*. 2010. № 5. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2010\\_5\\_1](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2010_5_1).
2. Гетьман О. М., Вакаров В. М., Сембер С. В. Оптимізація моделювання управління інвестиційним портфелем. *Науковий вісник Ужгородського університету. Збірник наукових праць*. 2012. Вип. 2 (36). С. 147–152.
3. Пенцак С.П. Чинники забезпечення інвестиційного розвитку підприємства. *Ефективна економіка*. 2011. № 10. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=734>.
4. Браун Р., Мэзон Р., Фламгольц Э. и др. Исследование операций: в 2-х томах. Пер. с англ. Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. Т. 2. Модели и применения. Москва : Мир, 1981. 677 с.
5. Боярко І. М., Гриценко Л. Л. Інвестиційний аналіз : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 400 с.
6. Вовк В. М., Паславська І.М. Інвестування : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 465 с.
7. Махуренко Г. С. Моделирование развития и производственной деятельности морского пароходства : дис.... докт. эк. наук.: 08.00.13. Одесса, 1990. 358 с.
8. Bazaluk, O., Zhykharieva, V., Vlasenko, O., Nitsenko, V., Streimikiene, D., & Balezentis, T. (2022) Optimization of the Equity in Formation of Investment Portfolio of a Shipping Company. *Mathematics*. 10. 363. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10030363>.
9. Zhykharieva Vlada, Kozyr Oleksandra. Methodical approach to complex investment analysis of cash flows on the example of the fleet replenishment project. *Економіка та суспільство*. 2022. № 43. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-16>.
10. Васків О.М. Модель оптимізації формування пакету інвестиційних проєктів в умовах невизначеності. URL: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/10>.
11. Chopra, Vijay K; Ziemba, William T. The effect of errors in means, variances, and covariances on optimal portfolio. *Journal of Portfolio Management*; Winter 1993; 19, 2; ABI/INFORM Globalpg. URL: [https://www.researchgate.net/publication/308131692\\_The\\_Effect\\_of\\_Errors\\_in\\_Means\\_Variances\\_and\\_Covariances\\_on\\_Optimal\\_Portfolio\\_Choice](https://www.researchgate.net/publication/308131692_The_Effect_of_Errors_in_Means_Variances_and_Covariances_on_Optimal_Portfolio_Choice).
12. Стадник Ю.А., Жумік О.В. Багатокритеріальна оптимізація портфелю інвестиційних проєктів. *Львівська державна фінансова академія. Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.13. С. 376–381. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlntu\\_2012\\_22.13\\_65](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlntu_2012_22.13_65).
13. Joaquín Pacheco, Lara Cepa, Silvia Casado, J. C. Puche. Selection of Investment Portfolios with Social Responsibility: A Multiobjective Model and a Tabu Search Method. URL: [https://www.researchgate.net/publication/366733552\\_Selection\\_of\\_Investment\\_Portfolios\\_with\\_Social\\_Responsibility\\_A\\_Multiobjective\\_Model\\_and\\_a\\_Tabu\\_Search\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/366733552_Selection_of_Investment_Portfolios_with_Social_Responsibility_A_Multiobjective_Model_and_a_Tabu_Search_Method).
14. Cantini, Camillo Vianna. Portfolio Selection Incorporating Macroeconomic Views Using Black-Litterman Model / Camillo Vianna Cantini; advisor: Davi Michel Valladao; co-advisor: Betina Dodsworth Martins Froment Fernandes. – 2019. v., 39 f: il. color. ; 30 cm. URL: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/51467/51467.PDF>.

## REFERENCES:

1. Pushenko K. O. (2010) Upravlinnya realnyimi aktyvamy investytsiynoho portfelya pidpryyemstva v umovakh nestabilnosti. *Efektivna ekonomika*. № 5. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2010\\_5\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2010_5_12). [in Ukrainian]
2. Getman O. M., Vakarov V. M., Sember S. V. (2012) Optimizatsiya modelyuvannya upravleniya investitsiynim portfelem. *Naukovyy vestnik Uzhgorodskogo universiteta. Zbirnik naukovikh prats*. № 2 (36). P. 147–152. [in Ukrainian]
3. Pentsak S. P. (2011) Chynnyky zabezpechennya investytsiynoho rozvytku pidpryyemstva. *Efektivna ekonomika*. № 10. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=734>. [in Ukrainian]
4. Braun R. Mëzon R. Flamgolts E. ta in. (1981) Issledovaniye operatsiy: v 2 t. / red. izd.: Mouders Dzh. Elmagrabi S. M.: Mir, 1981. T. 2: Modeli i primeniya. 677 p. [in Russian]
5. Boyarko I. M., Hrytsenko L. L. (2011) Investytsiynyy analiz: navch. posib. Kyiv: Tsentr uchbovoyi literatury, 400 s. [in Ukrainian]
6. Vovk V. M., Paslavskaya I. M. (2011) Investuvannya: navch. posibnyk. Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 465 p. [in Ukrainian]
7. Makhurenko G. S. (1990) Modelirovaniye razvitiya i proizvodstvennoy deyatel'nosti morskogo parokhodstva: diss... dokt. ekonom. nauk: 08.00.13. Odessa, 358 p. [in Russian]
8. Bazaluk, O., Zhykharieva, V., Vlasenko, O., Nitsenko, V., Streimikiene, D., & Balezentis, T. (2022) Optimization of the Equity in Formation of Investment Portfolio of a Shipping Company. *Mathematics*. 10. 363. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10030363>. [in Ukrainian]

9. Zhykharieva V., Kozyr O. (2022) Methodical approach to complex investment analysis of cash flows on the example of the fleet replenishment project. *Ekonomika ta suspilstvo*. № 43. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-16>.
10. Vaskiv O. M. (2015) Model of optimizing the formation of a package of investment projects in the minds of innocence. URL: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/10>. [in Ukrainian]
11. Chopra, Vijay K; Ziemba, William T. (1993) The effect of errors in means, variances, and covariances on optimal portfolio. *Journal of Portfolio Management*; Winter 1993; 19, 2; ABI/INFORM Globalpg. 6. URL: [https://www.researchgate.net/publication/308131692\\_The\\_Effect\\_of\\_Errors\\_in\\_Means\\_Variiances\\_and\\_Covariances\\_on\\_Optimal\\_Portfolio\\_Choice](https://www.researchgate.net/publication/308131692_The_Effect_of_Errors_in_Means_Variiances_and_Covariances_on_Optimal_Portfolio_Choice).
12. Stadnyk Yu. A., Zhumik O. V. (2012) Bahatokryterialna optymizatsiya portfelyu investytsiynykh proektiv. *Lvivska derzhavna finansova akademiya. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny*. № 22.13. S. 376–381. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu\\_2012\\_22.13\\_65](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2012_22.13_65). [in Ukrainian]
13. Joaquin Pacheco, Lara Cepa, Silvia Casado, J.C. Puche (2016) Selection of Investment Portfolios with Social Responsibility: A Multiobjective Model and a Tabu Search Method. URL: [https://www.researchgate.net/publication/366733552\\_Selection\\_of\\_Investment\\_Portfolios\\_with\\_Social\\_Responsibility\\_A\\_Multiobjective\\_Model\\_and\\_a\\_Tabu\\_Search\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/366733552_Selection_of_Investment_Portfolios_with_Social_Responsibility_A_Multiobjective_Model_and_a_Tabu_Search_Method).
14. Cantini, Camillo Vianna (2019) Portfolio Selection Incorporating Macroeconomic Views Using Black-Litterman Model / Camillo Vianna Cantini; advisor: Davi Michel Valladão; co-advisor: Betina Dodsworth Martins Froment Fernandes. v., 39 f: il. color. ; 30 cm. URL: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/51467/51467.PDF>.