

## СЕКЦІЯ 3 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2024-50-9>

УДК 330.45:519.86

**Васильєв О.Б.**

*кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри оптимального керування та економічної кібернетики  
Одеського національного університету імені І.І. Мечникова  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3826-4883>  
E-mail: [av5111955@gmail.com](mailto:av5111955@gmail.com)*

**Васильєва Н.С.**

*кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри вищої математики  
Одеської державної академії будівництва та архітектури  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0211-7141>  
E-mail: [vns02011962@gmail.com](mailto:vns02011962@gmail.com)*

**Тупко Н.П.**

*кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри прикладної математики  
Національного авіаційного університету  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-3271>  
E-mail: [natupko@ukr.net](mailto:natupko@ukr.net)*

### КРИТЕРІЇ ФІНАНСОВОЇ ПРИЙНЯТНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЄКТУ

Стаття присвячена розробці нових підходів та методів кількісної оцінки фінансових результатів інвестиційних проєктів в умовах невизначеності. Автори пропонують при перевірці передбачуваних результатів інвестиційного проєкту за допомогою основних дисконтованих показників фінансової ефективності замість традиційного аналізу проєкту на беззбитковість перевіряти його фінансову прийнятність, тобто відповідність прибутковості проєкту хоча б мінімальним запитам інвестора. Для цього, значення дисконтованих показників фінансової ефективності інвестиційного проєкту NPV (Net Present Value) та PI (Profitability Index) потрібно порівнювати не з беззбитковими значеннями, а з нижньою межею прийнятної для інвестора доходності. Замість двох інших основних показників фінансової ефективності проєкту – IRR (Internal Rate of Return) та DPP (Discounted Payback Period) – автори пропонують використовувати нові більш загальні показники фінансової прийнятності проєкту – IRAR (Internal Rate of Acceptable Return) та DPAR (Discounted Period of Acceptable Return). Для беззбиткового рівня прибутковості проєкту значення нових та традиційних показників збігаються, тобто:  $IRAR = IRR$ ,  $DPAR = DPP$ . Оскільки критерії фінансової прийнятності проєкту формулюються для ситуації невизначеності, то розглядаються математичні сподівання значень відповідних показників. Застосування запропонованих критеріїв фінансової прийнятності до проєкту проілюстровано на конкретному прикладі. Як приклад розглянуто інвестиційний проєкт з рентним потоком платежів та трьома сценаріями можливого розвитку. Для цього проєкту було проведено аналіз його фінансової прийнятності при завданні різних рівнів проєктної доходності. У ситуації часткової невизначеності рішення щодо реалізації того чи іншого інвестиційного проєкту приймаються з урахуванням двох факторів: прибутковості проєкту та його ризику. Тому крім показників фінансової прийнятності проєкту у статті було розглянуто також показники ризику неприйнятно низької прибутковості проєкту. Для досліджуваного прикладу було отримано значення цих показників ризику за допомогою методу сценаріїв та методу Монте-Карло.

**Ключові слова:** критерії фінансової ефективності проєкту, рівні прибутковості інвестиційного проєкту, аналіз фінансової прийнятності проєкту, ризик неприйнятно проєктної доходності, методи сценаріїв і Монте-Карло.

### Vasiliev Alexander, Vasilieva Nataliia, Tupko Natalia. CRITERIA FOR FINANCIAL ACCEPTABILITY OF AN INVESTMENT PROJECT

The article is devoted to the development of new approaches and methods for quantitative assessment of the financial results of investment projects under conditions of uncertainty. The authors suggest that when checking the expected results of an investment project using the main discounted indicators of financial efficiency, instead of the traditional break-even analysis of the project, check its financial acceptability, that is, compliance of the project's prof-

itability to the minimum of investor requirements. For this, the values of discounted indicators of financial efficiency of the investment project NPV (Net Present Value) and PI (Profitability Index) should be compared not with break-even values, but with the lower limit of profitability acceptable to the investor. Instead of two other main indicators of the financial efficiency of the project – IRR (Internal Rate of Return) and DPP (Discounted Payback Period) – the authors propose to use new, more general indicators of financial project's acceptability – IRAR (Internal Rate of Acceptable Return) and DPAR (Discounted Period of Acceptable Return). For the break-even level of project's profitability, the values of the new and traditional indicators are the same, that is:  $IRAR = IRR$ ,  $DPAR = DPP$ . Since the criteria for financial project's acceptability are formulated for a situation of uncertainty, then the mathematical expectations of the values of the corresponding indicators are considered. The application of the proposed criteria for the financial acceptability of the project is illustrated with a specific example. As an example, an investment project with a rental flow of payments and three scenarios of possible development is considered. For this project, an analysis of its financial acceptability when setting different levels of project's profitability. In a situation of partial uncertainty, decisions on the implementation of a any investment project are made taking into account two factors: the profitability of the project and its risk. Therefore, in addition to indicators of the financial acceptability of the project, the article also considered indicators of the risk of unacceptably low profitability of the project. For the example under consideration, the values of these risk indicators were obtained using the scenario method and the Monte Carlo method.

**Keywords:** criteria of financial efficiency of the project, levels of profitability of the investment project, analysis of financial acceptability of the project, risk of unacceptable project profitability, methods of scenarios and Monte Carlo.

**Постановка проблеми.** У сучасному складному, нестабільному світі є велика кількість явних і прихованих чинників, що впливають на хід економічних процесів. Простежити взаємодію цих чинників часто неможливо. Тому доводиться приймати економічні рішення за умови неповної інформації, тобто в ситуації невизначеності (повної чи часткової). У зв'язку з цим наукова проблематика, пов'язана із застосуванням теорії прийняття рішень в умовах невизначеності в економіці, є актуальною. В рамках цієї проблематики становлять інтерес дослідження, спрямовані на розроблення нових підходів та методів кількісної оцінки фінансових результатів інвестиційних проєктів в умовах невизначеності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Кількісному аналізу результатів інвестиційних проєктів та проєктних ризиків присвячені роботи багатьох дослідників. У роботі [1] детально проаналізовано переваги та недоліки основних методів оцінки проєктних ризиків, але не вказано способи усунення цих недоліків. У дослідженні [2] показано, як принципи фінансового прогнозування проєкту та управління ризиками можна використовувати для поліпшення прогнозів NPV та посилення стійкості проєкту до ризиків. У [3] розглянуто основні критерії фінансової ефективності проєкту та методи оцінки проєктних ризиків. У статті [4] детально розглянуто метод коригування ставки дисконтування з урахуванням ризику. Запропоновано спосіб виправлення головного недоліку методу – збільшення ризику проєкту на момент його завершення. У статті [5] за допомогою аналізу чутливості досліджується поведінка точки беззбитковості інвестиційного проєкту залежно від ставки дисконтування. У роботі

[6] досліджується механізм обліку проєктного ризику за допомогою нового показника ефективності AIRR (Average Internal Rate of Return). Метою є узгодження переваг за показниками NPV та AIRR. У [7] розглянуто застосування методу сценаріїв при оцінці результатів проєкту. У роботі [8] проєктні ризики оцінюються опосередковано, за допомогою аналізу фінансової стійкості проєкту, явні формули розрахунку значень ризиків відсутні. У [9] запропоновано комплексний підхід до оцінки ризику неприйнятно низької прибутковості інвестиційного проєкту та явні формули для розрахунку значень даного ризику.

**Метою статті** є узагальнення критеріїв фінансової ефективності інвестиційного проєкту, формулювання критеріїв фінансової прийнятності інвестиційного проєкту для ситуації часткової невизначеності, а також показників ризику неприйнятної доходності проєкту.

**Виклад матеріалу дослідження та його основні результати.** Нехай значення платежів III  $\{CF_t^k\}_{t=1}^{n_k}$  за  $k$ -им сценарієм його розвитку відомі з ймовірністю меншої одиниці. Позначимо цю можливість:

$$0 < p_k < 1, \quad k = \overline{1, m}; \quad \sum_{k=1}^m p_k = 1, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість можливих сценаріїв розвитку III.

Тоді формула розрахунку значення показника NPV (Net Present Value – чиста сучасна вартість) для сценарію  $k$  розвитку III має вигляд [8]:

$$NPV_k = -I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де  $CF_t^k$  – елемент потоку платежів III у періоді  $t$  сценарію  $k$  проєкту;  $I_0^k$  – почат-

кові інвестиції у проєкт для сценарію  $k$ ;  $i_k$  – ставка дисконтування для сценарію  $k$ ;  $n_k$  – кількість періодів ІІ;  $m$  – кількість можливих сценаріїв ІІ.

Інший відомий показник фінансової ефективності ІІ –  $PI$  (Profitability Index – індекс прибутковості) для  $k$ -го сценарію розвитку ІІ визначається так [8]:

$$PI_k = \left( \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t} \right) / I_0^k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Якщо значення  $NPV_k$  вже розраховано, то тоді значення  $PI_k$  можна знайти за формулою:

$$PI_k = 1 + NPV_k / I_0, \quad k = \overline{1, m}. \quad (4)$$

Якщо, навпаки, відомі значення  $PI_k$ , то  $NPV_k$  знаходимо за формулою:

$$NPV_k = (PI_k - 1) \cdot I_0, \quad k = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Далі, третій показник  $IRR_k$  (Internal Rate of Return – внутрішня норма прибутковості) для  $k$ -го сценарію розвитку ІІ визначається [8] як корінь рівняння:

$$-I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t} = 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad (6)$$

відносно змінної  $i_k$  (тобто, ставки дисконтування).

Нарешті, останній з основних показників фінансової ефективності ІІ –  $DPP$  (Discounted Payback Period – дисконтований період окупності) для  $k$ -го сценарію розвитку ІІ визначається так [8]:

$$DPP_k \approx (m_k - 1) + \frac{I_0^k - \sum_{t=1}^{m_k-1} CF_t^k / (1+i_k)^t}{CF_{m_k}^k / (1+i_k)^{m_k}}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де  $m_k$  – номер періоду проєкту для його  $k$ -го сценарію, у якому вперше повертаються початкові інвестиції у проєкт. У разі рентного потоку платежів ІІ, коли  $CF_t^k = R^k > 0, t = \overline{1, n_k}$ , можна використовувати більш точну формулу до розрахунків [8]:

$$DPP_k = -\ln \left( 1 - i_k \frac{I_0^k}{R^k} \right) / \ln(1+i_k), \quad k = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Отже, критерії абсолютного аналізу фінансової ефективності окремого ІІ у ситуації часткової невизначеності мають такий традиційний вигляд [3]:

1) якщо  $M(NPV) > 0$ , то ІІ рекомендується до реалізації за показником  $NPV$  (інакше – ні);

2) якщо  $M(PI) > 1$ , то ІІ рекомендується до реалізації за показником  $PI$  (інакше – ні);

3) якщо  $M(IRR) > M(CC)$ , то ІІ рекомендується до реалізації за показником  $IRR$  (інакше – ні);

4) якщо  $M(DPP) < M(n)$ , то ІІ рекомендується до реалізації за показником  $DPP$  (інакше – ні),

де  $M(X) = \sum_{k=1}^m X_k \cdot p_k$  – математичне сподівання випадкової величини  $X$ ;

$CC$  – вартість капіталу (Cost of Capital) ІІ, яка дорівнює ставці дисконтування грошових потоків проєкту.

При порівнянні кількох ІІ перевага віддається тому проєкту, у якого значення показників 1) – 3) більше, а показника 4) – менше (за умов, що ці ІІ успішно пройшли стадію абсолютного аналізу).

Сформульовані критерії 1) – 4) порівнюють прибутковість досліджуваного ІІ з беззбитковим (нульовим) рівнем. Але, навряд чи якогось інвестора зацікавить нульовий рівень прибутковості. Тому узагальнемо критерії – розглянемо такі рівні прибутковості ІІ.

(i) Рівень інвестиційної прийнятності проєкту за його  $k$ -м сценарієм:

$$NPV_k \geq NPV_* > 0 \text{ (або } PI_k \geq PI_* > 1), \quad k = \overline{1, m}, \quad (9)$$

де значення  $NPV_k$  показника  $NPV$  для його  $k$ -го сценарію розраховуємо за формулою (2), а  $NPV_*(PI_*)$  – нижня межа прийнятних для інвестора значень абсолютної (відносної) прибутковості ІІ.

(ii) Фактичний рівень прибутковості проєкту, який визначається заданим за умовою сценарію потоком його платежів  $\{CF_t^k\}_{t=1}^{n_k}$ :

$$NPV = NPV_k, \quad k = \overline{1, m}, \quad (10)$$

де значення  $NPV_k$  знаходимо за формулою (2). Узагальнемо показник (6) для рівня інвестиційної прийнятності проєкту (9). Введемо [8] показник  $IRAR_k$  (Internal Rate of Acceptable Return – внутрішня норма прийнятної прибутковості) для  $k$ -го сценарію розвитку ІІ як корінь рівняння:

$$-I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t} = NPV_*, \quad k = \overline{1, m}, \quad (11)$$

відносно змінної  $i_k$  (ставки дисконтування).  $IRAR$  – це верхня, більш точна, ніж  $IRR$ , межа ставок дисконтування (вартості капіталу проєкту), що гарантують прийнятну для інвестора прибутковість ІІ. Показник  $IRAR$  залежить не тільки від очікуваного потоку платежів ІІ, але й від величини  $NPV_*$ . Чим більше значення  $NPV_*$ , тим менше значення  $IRAR$ .

Тепер узагальнемо показник (7), замість нього введемо [9] показник  $DPAR_k$  (Discounted Period of Acceptable Return – дисконтований період прийнятної прибутковості) для  $k$ -го сценарію розвитку ІІ:

$$DPAR_k \approx (m_k - 1) + \frac{NPV_* + I_0^k - \sum_{t=1}^{m_k-1} CF_t^k / (1+i_k)^t}{CF_{m_k}^k / (1+i_k)^{m_k}},$$

$$k = \overline{1, m}, \quad (12)$$

де  $m_k$  – номер періоду проекту для його  $k$ -го сценарію, у якому вперше його абсолютна прибутковість досягає прийняттого значення  $NPV_*$ , заданого в (9). У разі рентного потоку платежів ІІІ, коли  $CF_t^k = R^k > 0, t = \overline{1, n_k}$ , можна використовувати більш точну формулу [9]:

$$DPAR_k = -\ln \left( 1 - i_k \frac{NPV_* + I_0^k}{R^k} \right) / \ln(1 + i_k), k = \overline{1, m}. \quad (13)$$

За допомогою введених узагальнених показників фінансової ефективності ІІІ сформулюємо критерії фінансової прийнятності проекту у ситуації часткової невизначеності:

1) якщо  $M(NPV) \geq NPV_*$ , то ІІІ вважається прийнятним за показником  $NPV$  (інакше – ні);

2) якщо  $M(PI) \geq PI_*$ , то ІІІ вважається прийнятним за показником  $PI$  (інакше – ні);

3) якщо  $M(IRAR) \geq M(CC)$ , то ІІІ вважається прийнятним за показником  $IRAR$  (інакше – ні);

4) якщо  $M(DPAR) \leq M(n)$ , то ІІІ вважається прийнятним за показником  $DPAR$  (інакше – ні);

При  $NPV_* = 0$  (або  $PI_* = 1$ )  $IRAR_k = IRR_k, DPAR_k = DPP_k$ . Отже, якщо беззбитковий рівень прибутковості ІІІ вважати прийнятним, то критерії 1)\*- 4)\* фінансової прийнятності проекту у ситуації част-

кової невизначеності приймають традиційний вигляд 1) – 4).

Розглянемо застосування критеріїв 1)\*- 4)\* фінансової прийнятності ІІІ на прикладі конкретного проекту. Нехай ІІІ за  $k$ -им сценарієм свого розвитку має рентний потік платежів наступної структури:

$$CF_t^k = (Q_k (c_k - v_k) - FC_k - dep_k)(1 - \tau_k) + dep_k,$$

$$k = \overline{1, m}, t = \overline{1, n_k}, \quad (14)$$

де параметри потоку платежів для  $k$ -го сценарія проекту мають наступний зміст:

$Q_k$  – обсяг виробництва (продажу) односторонньої продукції за 1 період ІІІ;

$c_k$  – ціна за одиницю продукції;

$v_k$  – питомі змінні витрати виробництва;

$FC_k$  – сумарні постійні витрати виробництва за 1 період ІІІ;

$dep_k$  – амортизаційні відрахування за 1 період ІІІ;

$\tau_k$  – податок на прибуток;

$n_k$  – кількість періодів ІІІ;

$t$  – номер поточного періоду ІІІ.

Нехай ІІІ має такі три сценарії свого розвитку (див. табл. 1).

Якщо вважати прийнятним значення відносної прибутковості цього ІІІ на рівні  $PI_* = 1.25$ , або (що є еквівалентним) значення абсолютної прибутковості ІІІ  $NPV_* = 11375 = 45500 * (1.25 - 1)$ , то за формулами (2), (4), (11), (12) методом сценаріїв отримуємо такі результати (див. табл. 2).

Якщо збільшити прийнятне значення відносної прибутковості цього ІІІ до рівня  $PI_* = 1.5$  (або значення абсолютної прибутковості ІІІ до рівня  $NPV_* = 22750 = 45500 * (1.5 - 1)$ ),

Таблица 1

Вхідні дані трьох сценаріїв проекту виробництва продукції

Параметри потоку платежів проекту	Сценарій		
	Песимістичний $k=1$	Найбільш ймовірний $k=2$	Оптимістичний $k=3$
Ймовірність сценарію $p_k$	0.25	0.5	0.25
Обсяг випуску (одиниць) $Q_k$	1185	1225	1245
Ціна за одиницю (у.о.) $c_k$	48	50	52
Змінні витрати (у.о.) $v_k$	31	30	29
Постійні витрати (у.о.) $FC_k$	550	500	450
Амортизація (у.о.) $dep_k$	100	100	100
Податок на прибуток (%) $\tau_k$	22%	22%	22%
Норма дисконту (або вартість капіталу проекту) (%) $i_k$	22%	21%	20%
Термін проекту (у роках) $n_k$	5	6	7
Початкові інвестиції (у.о.) $I_0^k$	45500	45500	45500

Джерело: складено авторами

Таблиця 2

Сподівані значення показників ефективності ІІІ при  $PI_* = 1.25(NPV_* = 11375)$ 

Сценарні значення показників ефективності ІІІ				Сподіване значення показника ефективності
Y	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$M(Y)$
NPV	275	16827	33823	16938
	ІІІ вважається прийнятним за показником NPV, так як $M(NPV) > NPV_*$			
PI	1.006	1.37	1.743	1.372
	ІІІ вважається прийнятним за показником PI, так як $M(PI) > PI_*$			
IRAR	0.108	0.238	0.336	0.23
	ІІІ вважається прийнятним за показником IRAR, так як $M(IRAR) > M(CC) = 0.21$			
DPAR	7.5	5.1	4.0	5.4
	ІІІ вважається прийнятним за показником DPAR, так як $M(DPAR) < M(n) = 6.0$			

Джерело: розраховано авторами

то проект перестає бути прийнятним (див. табл. 3).

Сформульовані критерії 1)\*- 4)\* фінансової прийнятності проекту враховують тільки прибутковість ІІІ і не враховують ризик того, що ця прибутковість може не досягти прийнятного для інвестора значення  $NPV_*$  (чи  $PI_*$ ). Але, у ситуації невизначеності рішення з приводу реалізації того чи іншого ІІІ приймаються з урахуванням двох факторів: прибутковості проекту і його ризику. Цей ризик, який назвемо ризиком неприйнятно низької прибутковості проекту, можна оцінити за допомогою наступних показників [9].

Спочатку визначимо сподіване значення  $EV$  (Expected Value) показника NPV за всіма сценаріями ІІІ:

$$EV(NPV) = M(NPV) = \sum_{k=1}^m NPV_k \cdot p_k, \quad (15)$$

де значення  $NPV_k$  показника NPV для його  $k$ -го сценарію знаходимо за формулою (2);  $0 < p_k < 1$  – ймовірність реалізації  $k$ -го сценарію ІІІ;  $k = 1, m$ ;  $m$  – кількість всіх сценаріїв ІІІ. Чим більше значення (15), тим більша середня абсолютна прибутковість ІІІ. Якщо  $EV(NPV) < 0$ , то ІІІ – збитковий «в середньому» і має бути відкинутий. Якщо  $EV(NPV) > 0$ , тоді аналіз ризику неприйнятно низької прибутковості ІІІ можна продовжити за допомогою наступних показників.

Визначимо сподівану величину  $EU$  (Expected Unacceptability's) неприйнятних значень показника NPV за всіма сценаріями ІІІ так:

$$EU(NPV) = \sum_{j=1}^l |NPV_j^-| \cdot p_j, \quad (16)$$

де  $0 < p_j < 1$ ;  $NPV_j^- < NPV_*$ ,  $j = \overline{1, l}$ ;  $l$  – кількість неприйнятних значень показника

Таблиця 3

Сподівані значення показників ефективності ІІІ при  $PI_* = 1.5(NPV_* = 22750)$ 

Сценарні значення показників ефективності ІІІ				Сподіване значення показника ефективності
Y	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$M(Y)$
NPV	275	16827	33823	16938
	ІІІ вважається неприйнятним за показником NPV, так як $M(NPV) < NPV_*$			
PI	1.006	1.37	1.743	1.372
	ІІІ вважається неприйнятним за показником PI, так як $M(PI) < PI_*$			
IRAR	0.039	0.164	0.258	0.156
	ІІІ вважається неприйнятним за показником IRAR, так як $M(IRAR) < M(CC) = 0.21$			
DPAR	12.2	7.1	5.3	7.9
	ІІІ вважається неприйнятним за показником DPAR, так як $M(DPAR) > M(n) = 6.0$			

Джерело: розраховано авторами

$NPV$ ;  $l \leq m$ ;  $NPV_*$  – задано у (9). Чим менше значення (16), тим меншим є ризик неприйнятно низької прибутковості ІІІ.

Далі визначимо варіацію неприйнятних значень  $VU$  (Variation of Unacceptability's) показника  $NPV$  за всіма сценаріями ІІІ:

$$VU(NPV) = \sum_{j=1}^l (EU(NPV) - NPV_j^-)^2 \cdot p_j. \quad (17)$$

Стандартне відхилення  $SDU$  (Standard Deviation of Unacceptability's) неприйнятних значень показника  $NPV$  за всіма сценаріями ІІІ визначимо так:

$$SDU(NPV) = \sqrt{VU(NPV)}. \quad (18)$$

Чим менше значення (17) та (18), тим менше ризик неприйнятно низької прибутковості ІІІ.

Ймовірність реалізації сценарію ІІІ з неприйнятно низькою прибутковістю для методу Монте-Карло дорівнює:

$$p(NPV_k < NPV_*) = l/m; \quad l \leq m; \quad k = \overline{1, m}, \quad (19)$$

а для методу сценаріїв вона дорівнює сумі ймовірностей сценаріїв, для яких прибутковість ІІІ нижча за прийнятне значення.

Нарешті, визначимо коефіцієнт  $EUR$  (Expected Unacceptability's Ratio) сподіваних неприйнятних значень показника  $NPV$  за всіма сценаріями ІІІ:

$$EUR(NPV) = \frac{EU(NPV)}{EU(NPV) + EA(NPV)}, \quad (20)$$

де  $EA(NPV) = \sum_{j=1}^r NPV_j^+ \cdot p_j$  – сподівана величина прийнятних значень

$EA$  (Expected Acceptability's) показника  $NPV$  за всіма сценаріями ІІІ,

$NPV_j^+ > NPV_*$ ;  $j = \overline{1, r}$ ;  $r = m - l$ . Значення коефіцієнта (20) належить  $[0; 1]$ , ризик максимальний при  $EA(NPV) = 0$  (відсутність прийнятних значень) та мінімальний при  $EU(NPV) = 0$  (відсутність неприйнятних значень).

Для ІІІ, можливі сценарії розвитку якого задані у таблиці 1, за допомогою методу сценаріїв були отримані наступні значення показників (16) – (20) ризику неприйнятно низької прибутковості ІІІ (див. табл. 4).

Далі, знайдемо значення показників (16) – (20) ризику неприйнятно низької прибутковості ІІІ методом Монте-Карло при кількості імітаційних експериментів (псевдовипадкових сценаріїв, що генеруються програмою)  $m = 5000$ . Проектні параметри змінюються у межах наступних діапазонів:

$Q_k$  (від 1185 до 1245),  $c_k$  (від 48 до 52),  $v_k$  (від 29 до 31),  $FC_k$  (від 450 до 550),

Таблиця 4

**Значення показників ризику неприйнятно низької прибутковості ІІІ у методі сценаріїв (для  $m=3$ ,  $EV(NPV) = 16937$  у.о.)**

$PI_*$	$NPV_*$	$EU$	$VU$	$SDU$	$EA$	$EUR$	$l$	$p(NPV_k < NPV_*)$
1.0	0	0	0	0	16937	0	0	0
1.1	4550	68	10604	103	16869	0.004	1	0.25
1.2	9100	68	10604	103	16869	0.004	1	0.25
1.3	13650	68	10604	103	16869	0.004	1	0.25
1.4	18200	8482	51657384	7187	8456	0.5007	2	0.75
1.8	36400	16937	140705297	11862	0	1	3	1.0

Джерело: розраховано авторами

Таблиця 5

**Значення показників ризику неприйнятно низької прибутковості ІІІ у методі Монте-Карло (для  $m=5000$ ,  $EV(NPV) = 15845$  у.о.)**

$PI_*$	$NPV_*$	$EU$	$VU$	$SDU$	$EA$	$EUR$	$l$	$p(NPV_k < NPV_*) = l/m$
1.0	0	0	0	0	15845	0	0	0
1.1	4550	143	471097	686	15702	0.009	264	0.0528
1.2	9100	1051	7081706	2661	14794	0.066	906	0.1812
1.3	13650	3553	36181095	6015	12291	0.224	1996	0.3992
1.4	18200	7372	97358179	9867	8473	0.465	3196	0.6392
1.8	36400	15845	301660187	17368	0	1	5000	1

Джерело: розраховано авторами

$n_k$  (від 5 до 7). Отримані результати представлено у таблиці 5.

Як бачимо з таблиць 4 і 5 інвестор, не схильний до ризику, скоріш за все вибере прийнятний рівень відносної прибутковості досліджуваного ІІ  $PI_* = 1.2$  (або абсолютної прибутковості  $NPV_* = 9100$  у. о.) при ймовірності неприйнятних значень  $p(NPV_k < NPV_*) \approx 0.18$ , а інвестор, схильний до ризику, вибере рівень прибутковості  $PI_* = 1.3$  ( $NPV_* = 13650$  у. о.) при ймовірності неприйнятних значень  $p(NPV_k < NPV_*) \approx 0.40$ . Рівень прибутковості  $PI_* = 1.4$  ( $NPV_* = 18200$  у. о.) при ймовірності неприйнятних значень  $p(NPV_k < NPV_*) \approx 0.64$  виглядає занадто авантюричним.

#### Висновки.

1) Традиційні, відомі критерії фінансової ефективності інвестиційного проекту являються окремим випадком запропонованих у цій статті критеріїв фінансової прийнятності проекту, коли прийнятним вважається беззбитковий рівень проектної доходності.

2) Критерії фінансової прийнятності проекту, на погляд авторів, більше відповідають запитам інвесторів, оскільки беззбитковий рівень доходності навряд чи може їх задовольнити.

3) Ризик неприйнятно низької прибутковості ІІ, який досліджується у роботі, теж є більш загальним, ніж традиційний ризик збитковості.

4) Сформульовані у роботі показники фінансової прийнятності проекту і ризику його неприйнятної доходності виявилися досить зручними при застосуванні методів сценаріїв та Монте-Карло.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Keršytė A. Investment risk analysis: theoretical aspects. *Economics and Management*. 2012. Vol. 17. No. 3. P. 889–894. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.em.17.3.2099>
2. Hopkinson M. *Net Present Value and Risk Modelling for Projects*. New York : Routledge, 2017. 180 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315248172>
3. Gotze U., Northcott D., Schuster P. *Investment Appraisal: Methods and Models*. (2 ed.). Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 363 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45851-8>
4. Carmichael D.G. Adjustments within discount rates to cater for uncertainty – Guidelines. *The Engineering Economist*. 2017. Vol. 62. No. 4. P. 322–335. DOI: <https://doi.org/10.1080/0013791X.2016.1245376>
5. Tarzia D.A. Properties of the Financial Break-Even Point in a Simple Investment Project as a Function of the Discount Rate. *Journal of Economic &*

- Financial Studies*. 2016. Vol. 4. No. 2. P. 31–45. DOI: <https://doi.org/10.18533/jefs.v4i02.226>
6. Hazen G., Magni C.A. Average internal rate of return for risky projects. *The Engineering Economist*. 2021. Vol. 66. No. 2. P. 90–120. DOI: <https://doi.org/10.1080/0013791X.2021.1894284>
7. Brzaković T., Brzaković A., Petrović J. Application of scenario analysis in the investment projects evaluation. *Ekonomika poljoprivrede*. 2016. Vol. 63. No. 2. P. 501–513. DOI: <https://doi.org/10.5937/ekoPolj1602501B>
8. Vasil'ev A., Vasil'eva N., Tupko N. Development of combined method for analysis of financial risks of investment project. *Technology Audit and Production Reserves*. 2017. Vol. 4. No. 4. P. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108527>
9. Vasiliev A., Vasilieva N., Tupko N. Development of a systems approach to assessment investment project risks: risks of unacceptably low project profitability. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2022. Vol. 1. No. 4 (115). P. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252997>

#### REFERENCES:

1. Keršytė A. (2012) Investment risk analysis: theoretical aspects. *Economics and Management*, vol. 17, no. 3, pp. 889–894. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.em.17.3.2099>
2. Hopkinson M. (2017) *Net Present Value and Risk Modelling for Projects*. New York: Routledge, 180 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315248172>
3. Gotze U., Northcott D., Schuster P. (2015) *Investment Appraisal: Methods and Models*. (2 ed.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 363 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45851-8>
4. Carmichael D.G. (2017) Adjustments within discount rates to cater for uncertainty – Guidelines. *The Engineering Economist*, vol. 62, no. 4, pp. 322–335. DOI: <https://doi.org/10.1080/0013791X.2016.1245376>
5. Tarzia D.A. (2016) Properties of the Financial Break-Even Point in a Simple Investment Project as a Function of the Discount Rate. *Journal of Economic & Financial Studies*, vol. 4, no. 2, pp. 31–45. DOI: <https://doi.org/10.18533/jefs.v4i02.226>
6. Hazen G., Magni C.A. (2021) Average internal rate of return for risky projects. *The Engineering Economist*, vol. 66, no. 2, pp. 90–120. DOI: <https://doi.org/10.1080/0013791X.2021.1894284>
7. Brzaković T., Brzaković A., Petrović J. (2016) Application of scenario analysis in the investment projects evaluation. *Ekonomika poljoprivrede*, vol. 63, no. 2, pp. 501–513. DOI: <https://doi.org/10.5937/ekoPolj1602501B>
8. Vasil'ev A., Vasil'eva N., Tupko N. (2017) Development of combined method for analysis of financial risks of investment project. *Technology Audit and Production Reserves*, vol. 4, no. 4, pp. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108527>
9. Vasiliev A., Vasilieva N., Tupko N. (2022) Development of a systems approach to assessment investment project risks: risks of unacceptably low project profitability. *Eastern-European journal of enterprise technologies*, vol. 1, no. 4 (115), pp. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252997>

Стаття надійшла до редакції 29.02.2024.  
The article was received 29 February 2024.