

УДК 658.152:336.5

Коцюба О.С.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри стратегії підприємств
Київського національного економічного університету
імені Вадима Гетьмана

ОЦІНЮВАННЯ ДИСКОНТОВАНОГО ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ЗА УМОВ НЕЧІТКИХ ВИХІДНИХ ДАНИХ

ESTIMATION OF DISCOUNTED PAYBACK PERIOD OF AN INVESTMENT PROJECT WITH FUZZY DATA

АНОТАЦІЯ

Статтю присвячено знаходженню дисконтованого терміну окупності реальних інвестицій у ситуації нечітких початкових даних. Сформульовано метод на основі принципу відповідності інтервальному нулю, а також метод на основі відповідності нечіткому нулю. Проаналізовано метод на основі відтворення розподілу ступенів можливості. На умовному прикладі здійснено апробацію запропонованих підходів.

Ключові слова: інвестиційний проект, дисконтований термін окупності, теорія нечітких множин, нечітка оцінка, міра можливості.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена определению дисконтированного срока окупаемости реальных инвестиций в ситуации нечетких начальных данных. Сформулирован метод на основе принципа соответствия интервальному нулю, а также метод на основе соответствия нечеткому нулю. Проанализирован метод на основе воспроизведения распределения степеней возможности. На условном примере осуществлена апробация предложенных подходов.

Ключевые слова: инвестиционный проект, дисконтированный срок окупаемости, теория нечетких множеств, нечеткая оценка, мера возможности.

ANNOTATION

This paper presents the results of research on evaluating the Discounted Payback Period of a real investment with fuzzy initial data. "Matching interval to zero" method and the method based on fuzzy zero matching are formulated. The method based on a function reflecting possibility degrees distribution of investment payback is analyzed. Application of the proposed approaches is illustrated using hypothetical sample.

Keywords: investment project, Discounted Payback Period, fuzzy sets theory, fuzzy evaluation, possibility measure.

Постановка проблеми. Реальне інвестування є однією з необхідних умов підтримання потенціалу прибутковості підприємств, їх стійкого функціонування і розвитку. Вагома роль в управлінні інвестиційною діяльністю належить обґрунтуванню проектних рішень. Окрім того, складність в якісному вирішенні цієї проблеми пов'язана з принциповою неможливістю точного прогнозування фінансово-економічних параметрів аналізованого інвестиційного проекту.

Важливим досягненням методології прийняття інвестиційних рішень з урахуванням невизначеності й ризику є виявлення того факту, що невизначеність, яка притаманна задачам інвестиційного менеджменту, має більш загальну природу, а не лише стохастичну. З огляду на це, у межах сучасного інвестиційного аналізу відбулося звернення до підходів, які дають змогу моделювати ситуації нестохастичної не-

визначеності, зокрема теорії нечітких множин. Предметним полем зазначеної теорії є різновид невизначеності, що може бути охарактеризований як розпливчатість, розмитість, нечіткість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаторами у використанні апарату нечітких множин у сфері економіки й бізнесу виступають передусім західні вчені. До їх корпусу належать, зокрема, Дж. Баклі, Дж. Бояджиєв, К. Зопоунідіс, А. Кофман, Х. Хіл Алуха, Г.-Й. Циммерман [1–5]. Поступово до досліджень за даним напрямом, надаючи їм відчутного імпульсу розвитку, почали долучатися науковці країн пострадянського простору, у тому числі України. У цьому зв'язку як такі, що містять значущі здобутки, слід відзначити роботи П.В. Севастьянова, Л.Г. Димової, О.О. Недосєкіна, Т.А. Тищук, П.М. Дерев'янка та ін. [6–9].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Нечіткість вихідних даних інвестиційного проекту зумовлює нечіткість результатуючих показників його економічної привабливості, або ефективності. Більш опрацьованим у силу меншої складності є визначення нечітких оцінок для показників ефекту, а також індексів доходності інвестицій. Не таким простим виявляється знаходження нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням (*Discounted Payback Period – DPP*). Структурна специфіка цього показника зумовлює складність та неоднозначності щодо його розрахунку в разі нечіткості початкових параметрів [8–10].

Мета статті полягає у розвитку підходів до нечітко-множинного оцінювання показника *DPP*.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з визначенням, якого дотримуються П.Л. Віленський, В.Н. Лівшиць та С.А. Смоляк [11, с. 317–321], термін окупності з дисконтуванням являє собою мінімальний період, після якого накопичений дисконтований ефект або доход (*Discounted Accumulated Effect – DPP*) набуває й у подальшому зберігає невід'ємне значення.

Подальший аналіз порушеної проблеми обмежується розглядом інвестиційних проектів із нечіткими оцінками грошових потоків, для кожного з яких справедливі такі припущення:

- протягом терміну своєї реалізації проект обов'язково окупується за показником накопиченого дисконтованого ефекту;

- після мінімального терміну, коли серед інших сценаріїв може мати місце окупність проекту, послідовність нечітких оцінок показника DAE є неспадною:

$$\underline{DAE}_t^\alpha \leq \underline{DAE}_{t+1}^\alpha, \overline{DAE}_t^\alpha \leq \overline{DAE}_{t+1}^\alpha, \alpha \in [0, 1], t = \overline{t}, T, \\ \overline{t} = \min\{t | \overline{DAE}_t^0 \geq 0, t = \overline{1}, T\}, \quad (1-3)$$

де α – показник рівня належності, за яким виокремлюються відповідні інтервали (інтервали достовірності α -рівня) у межах нечітких оцінок для параметрів аналізованого інвестиційного проекту; $\underline{DAE}_t^\alpha, \overline{DAE}_{t+1}^\alpha$ – мінімальне значення для інтервалу α -рівня в межах нечіткої оцінки DAE , відповідно, для t -го і $t+1$ -го періодів реалізації інвестиційного проекту; $\underline{DAE}_t^\alpha, \overline{DAE}_{t+1}^\alpha$ – максимальне значення для інтервалу α -рівня в межах нечіткої оцінки DAE , відповідно, для t -го і $t+1$ -го періодів реалізації інвестиційного проекту; T – термін реалізації інвестиційного проекту (горизонт інвестування).

Підхід до нечітко-множинного оцінювання показника DPP , який можна розглядати як базовий, ґрунтується на інтервальній за рівнями належності методології представлення й обробки нечітких оцінок. Згідно з ним, нечітку оцінку терміну окупності з дисконтуванням виражають співвідношення [10]:

$$[DPP^\alpha] = [\underline{DPP}^\alpha, \overline{DPP}^\alpha], \quad (4)$$

$$\underline{DPP}^\alpha = \min\{t | \underline{DAE}_t^\alpha \geq 0, t = \overline{1}, T\},$$

$$\overline{DPP}^\alpha = \min\{t | \overline{DAE}_t^\alpha \geq 0, t = \overline{1}, T\}, \alpha \in [0, 1], \quad (5-6)$$

де $[DPP^\alpha]$ – інтервал у межах нечіткої оцінки DPP , що відповідає рівню належності α ; $\underline{DPP}^\alpha, \overline{DPP}^\alpha$ – відповідно, мінімальне і максимальне значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки DPP , що відповідає рівню належності α .

Розглянемо представлений метод на умовно-му прикладі.

Нехай на підприємстві аналізується доцільність деякого інвестиційного проекту. Термін реалізації проекту становить п'ять років. Інвестиційні витрати здійснюються одноразово, їх сума дорівнює 2 000 тис. гр. од. Інші потоки коштів за проектом унаслідок істотної нестабільності економічного середовища описуються трапецієподібними оцінками. Значення їх ключових елементів (точок) наведено в табл. 1 (символами $CF_t^a, \overline{CF}_t^a, a=0,1, t=0,5$ в табл. 1 позначено, відповідно, мінімальне і максимальне значення для інтервалу α -рівня в межах трапецієподібної оцінки грошового потоку в t -му розрахунковому періоді). Дисконтна ставка, так само як і операційні грошові потоки, задається трапецієподібною оцінкою: $\tilde{r} = (r_0^0, r_1^1, r_1^1, r_0^0) = (0,1, 0,15, 0,25, 0,3)$ (у даному записі прийнято наступні позначення: \tilde{r} – нечітка оцінка дисконтної ставки; $r^a, r^{-a}, a=0,1$ – відповідно, мінімальне і максимальне значення для інтервалу α -рівня в межах нечіткої трапецієподібної оцінки дисконтної ставки).

Таблиця 1
Трапецієподібні оцінки річних потоків коштів за проектом, тис. гр. од.

Рік реалізації проекту	$CF_t^0, t=0,5$	$CF_t^1, t=0,5$	$\overline{CF}_t^1, t=0,5$	$\overline{CF}_t^0, t=0,5$
0	-2 000	-2 000	-2 000	-2 000
1	600	800	1 000	1 200
2	800	1 000	1 200	1 400
3	1 000	1 200	1 400	1 600
4	1 000	1 200	1 400	1 600
5	1 000	1 100	1 300	1 400

Необхідно знайти оцінку терміну окупності з дисконтуванням на основі інтервального за рівнями належності відтворення її параметрів.

Результати застосування розглядуваного методу репрезентує табл. 2.

Таблиця 2
Параметри нечіткої оцінки DPP для інтервального методу

α	\underline{DPP}^α	\overline{DPP}^α	α	\underline{DPP}^α	\overline{DPP}^α
0	2	5	0,6	3	4
0,1	2	5	0,7	3	4
0,2	2	5	0,8	3	4
0,3	2	5	0,9	3	4
0,4	2	5	1	3	4
0,5	2	4	-	-	-

На рис. 1 зображено графік отриманої нечіткої оцінки DPP .

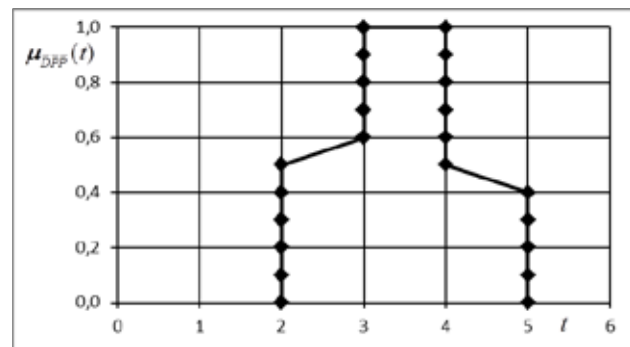


Рис. 1. Нечітка оцінка DPP на основі інтервального методу

Поряд із представленим вище проблема побудови нечіткої оцінки DPP припускає й інші підходи до свого розв'язання. Зокрема, із цією метою може бути використана концепція інтервального нуля.

Розумітимемо інтервальний нуль як будь-який інтервал, центр якого відповідає нульовому значенню. У цьому разі ступінь відповідності інтервалів α -рівня для нечітких оцінок накопиченого дисконтованого ефекту інтервальному нулю можна визначати в такий спосіб [12]:

$$\eta_i^\alpha = \frac{\min\{Poss(DAE_i^\alpha < 0), Poss(DAE_i^\alpha > 0)\}}{\max\{Poss(DAE_i^\alpha < 0), Poss(DAE_i^\alpha > 0)\}}, \quad (7)$$

$$Poss(DAE_t^\alpha < 0) = \begin{cases} 1, \overline{DAE}_t^\alpha \leq 0 \\ \frac{-DAE_t^\alpha}{\overline{DAE}_t^\alpha - DAE_t^\alpha}, DAE_t^\alpha < 0 < \overline{DAE}_t^\alpha, \\ 0, DAE_t^\alpha \geq 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$Poss(DAE_t^\alpha > 0) = \begin{cases} 0, \overline{DAE}_t^\alpha \leq 0 \\ \frac{\overline{DAE}_t^\alpha}{\overline{DAE}_t^\alpha - DAE_t^\alpha}, DAE_t^\alpha < 0 < \overline{DAE}_t^\alpha, \\ 1, DAE_t^\alpha \geq 0 \end{cases} \quad (9)$$

$t = 0, T, \alpha \in [0, 1],$

де η_t^α – ступінь відповідності інтервалу $[DAE_t^\alpha, \overline{DAE}_t^\alpha]$ інтервальному нулю; $Poss(\dots)$ – ступінь можливості відповідної події; DAE_t^α – значення DAE на кінець t -го періоду в межах рівня належності α .

Ґрунтуючись на показнику ступеня відповідності η_t^α , можна знаходити проміжні за α -рівнями нечіткі оцінки $\tilde{DPP}(\alpha), \alpha \in [0, 1]$. Дійсно, для деякої нечіткої оцінки DAE , яка відповідає деякому t -му періоду реалізації аналізованого інвестиційного проекту, кожний α -рівень задає інтервал, для якого за допомогою співвідношення (7) може бути визначений ступінь його відповідності інтервальному нулю, що припускає інтерпретацію як значення функції належності з дисконтуванням, яка відповідає даному α -рівню, в точці t , тобто $\mu_{\tilde{DPP}(\alpha)}(t) = \eta_t^\alpha, t = \overline{1}, T, \alpha \in [0, 1]$, або в розгорнутому вигляді [12]:

$$\mu_{\tilde{DPP}(\alpha)}(t) = \begin{cases} 0, \overline{DAE}_t^\alpha \leq 0 \\ \min\left\{\frac{DAE_t^\alpha, \overline{DAE}_t^\alpha}{\overline{DAE}_t^\alpha - DAE_t^\alpha}\right\}, DAE_t^\alpha < 0 < \overline{DAE}_t^\alpha, \\ \max\left\{\frac{DAE_t^\alpha, \overline{DAE}_t^\alpha}{\overline{DAE}_t^\alpha - DAE_t^\alpha}\right\}, DAE_t^\alpha < 0 < \overline{DAE}_t^\alpha, \\ 0, DAE_t^\alpha \geq 0 \end{cases} \quad (10)$$

$t = 0, T, \alpha \in [0, 1],$

де $\mu_{\tilde{DPP}(\alpha)}(t)$ – значення функції належності проміжної за α -рівнем нечіткої оцінки DPP , яке відповідає періоду реалізації інвестиційного проекту t .

Шукана нечітка оцінка терміну окупності з дисконтуванням може бути визначена шляхом агрегування проміжних за α -рівнями нечітких оцінок $\tilde{DPP}(\alpha), \alpha \in [0, 1]$, котрі знаходяться за допомогою співвідношення (10).

Використовуючи викладену вище ідею, можна сформулювати відповідний метод знаходження нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням. Послідовність розрахункових процедур у межах пропонованого методу є такою.

1. За нечіткими оцінками грошових потоків інвестиційного проекту і ставки дисконтування, згідно з правилами нечіткої арифметики, розраховуються нечіткі оцінки накопиченого дисконтованого ефекту $\tilde{DAE}_t, t = 0, T$.

2. На основі співвідношення (10) визначаються проміжні нечіткі оцінки терміну окупності з дисконтуванням, які відповідають окремим рівням належності: $\tilde{DPP}(\alpha_i), \alpha_i = i/n, i = \overline{1}, n$.

3. Для одержаних на попередньому кроці проміжних за α -рівнями оцінок $\tilde{DPP}(\alpha_i), \alpha_i = i/n, i = \overline{1}, n$ знаходяться їх модальні значення. Відповідні розрахункові формули, виходячи з принципу побудови вказаних оцінок, мають вигляд:

$$t_{mod}^{\alpha_i} = t_*^{\alpha_i} + \frac{0,5 - Poss(DAE_{t_*(\alpha_i)}^{\alpha_i} \geq 0)}{Poss(DAE_{t_*(\alpha_i)+1}^{\alpha_i} \geq 0) - Poss(DAE_{t_*(\alpha_i)}^{\alpha_i} \geq 0)}, \quad (11)$$

$$t_*(\alpha_i) \in \{0, \dots, T-1\}, Poss(DAE_{t_*(\alpha_i)}^{\alpha_i} \geq 0) \leq 0,5,$$

$$Poss(DAE_{t_*(\alpha_i)+1}^{\alpha_i} \geq 0) > 0,5, \quad (12-13)$$

$$\alpha_i = i/n, i = \overline{1}, n, \quad (14)$$

де $t_{mod}^{\alpha_i}$ – модальне значення для нечіткої оцінки DPP , яка відповідає рівню належності α_i ; $DAE_{t_*(\alpha_i)}^{\alpha_i}, DAE_{t_*(\alpha_i)+1}^{\alpha_i}$ – значення DAE на кінець відповідно $t_*(\alpha_i)$ -го і $t_*(\alpha_i)+1$ -го періоду в межах рівня належності α_i .

4. Проміжні за α -рівнями оцінки $\tilde{DPP}(\alpha_i), \alpha_i = i/n, i = \overline{1}, n$ приводяться до дискретно-інтервального способу представлення в межах єдиного розбиття множини значень їх функцій належності. Це здійснюється шляхом кусково-лінійної інтерполяції:

$$\underline{DPP}^{\alpha, \beta_j} = t_j^*(\alpha_i) + \frac{\beta_j - \mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t_j^*(\alpha_i))}{\mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t_j^*(\alpha_i) + \Delta) - \mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t_j^*(\alpha_i))}, \quad (15)$$

$$t_j^*(\alpha_i) = \max\{t \mid \mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t) \leq \beta_j \ \& \ t < t_{mod}^{\alpha_i}, t = \overline{0}, T-1\}, \quad (16)$$

$$t_j^*(\alpha_i) + \Delta = \begin{cases} t_j^*(\alpha_i) + 1, t_j^*(\alpha_i) + 1 \leq t_{mod}^{\alpha_i} \\ t_{mod}^{\alpha_i}, t_j^*(\alpha_i) + 1 > t_{mod}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (17)$$

$$\overline{DPP}^{\alpha, \beta_j} = (t_j^{**}(\alpha_i) - \Delta) + \frac{\beta_j - \mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t_j^{**}(\alpha_i) - \Delta)}{\mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t_j^{**}(\alpha_i)) - \mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t_j^{**}(\alpha_i) - \Delta)}, \quad (18)$$

$$t_j^{**}(\alpha_i) = \min\{t \mid \mu_{\tilde{DPP}(\alpha_i)}(t) \leq \beta_j \ \& \ t > t_{mod}^{\alpha_i}, t = \overline{1}, T\}, \quad (19)$$

$$t_j^{**}(\alpha_i) - \Delta = \begin{cases} t_j^{**}(\alpha_i) - 1, t_j^{**}(\alpha_i) - 1 \geq t_{mod}^{\alpha_i} \\ t_{mod}^{\alpha_i}, t_j^{**}(\alpha_i) - 1 < t_{mod}^{\alpha_i} \end{cases}, \quad (20)$$

$$\beta_j = j/m, \quad j = \overline{0}, m, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{1}, n, \quad (21-22)$$

де $\underline{DPP}^{\alpha, \beta_j}, \overline{DPP}^{\alpha, \beta_j}$ – відповідно, мінімальне та максимальне значення для інтервалу β_j -рівня в межах проміжної нечіткої оцінки $\tilde{DPP}(\alpha_i)$.

5. Шляхом агрегування проміжних за α -рівнями оцінок $\tilde{DPP}(\alpha_i), \alpha_i = i/n, i = \overline{1}, n$ в межах їх дискретно-інтервального представлення, знайденого кроком раніше, визначається шукана нечітка оцінка терміну окупності з дисконтуванням – \tilde{DPP} . Зазначене агрегування слід здійснювати так:

$$\tilde{DPP} = \bigcup_{j=0}^m [\underline{DPP}^{\beta_j}, \overline{DPP}^{\beta_j}], \quad \beta_j = j/m, \quad (23-24)$$

$$\underline{DPP}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \times \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \underline{DPP}^{\alpha, \beta_j}, \quad \overline{DPP}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \times \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \overline{DPP}^{\alpha, \beta_j}, \quad (25-26)$$

$$\alpha_i = i/n, \quad \beta_j = j/m, \quad j = \overline{0}, m, \quad (27-28)$$

де $\underline{DPP}^{\beta_j}, \overline{DPP}^{\beta_j}$ – відповідно, мінімальне та максимальне значення для інтервалу β_j -рівня в межах нечіткої оцінки DPP .

Апробуємо викладений метод на умовному прикладі, який було сформульовано вище. Після виконання всіх необхідних розрахунків отримуємо результати, які відображені в табл. 3.

Таблиця 3
Параметри нечіткої оцінки DPP
 для методу на основі принципу відповідності
 інтервальному нулю

$\beta_i, j=0,5$	DPP^{β_i}	\overline{DPP}^{β_i}	$\beta_i, j=6,10$	DPP^{β_i}	\overline{DPP}^{β_i}
0	1,73	4,18	0,6	2,37	2,83
0,1	2,03	3,61	0,7	2,43	2,78
0,2	2,11	3,25	0,8	2,50	2,73
0,3	2,18	3,04	0,9	2,56	2,68
0,4	2,24	2,94	1	2,63	2,63
0,5	2,31	2,88	–	–	–

Рис. 2 демонструє графік отриманої нечіткої оцінки DPP.

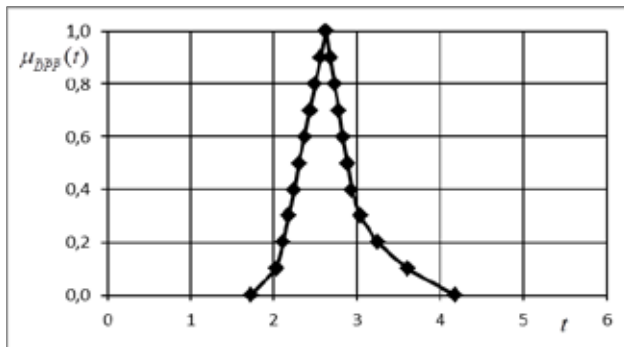


Рис. 2. Нечітка оцінка DPP
 на основі посегментного відтворення
 за принципом відповідності інтервальному нулю

Аналогічно методу на основі відповідності інтервальному нулю нечітку оцінку терміну окупності з дисконтуванням можна знаходити на основі принципу відповідності нечіткому нулю, використовуючи при цьому концепцію останнього як нечіткої величини, для якої виконується умова рівності ступенів можливості реалізації від’ємних і додатних значень [12; 13]:

$$\mu_{\tilde{DPP}}(t) = \begin{cases} 0, \overline{DAE}_i^0 \leq 0 \\ \min\{Poss(DAE_i < 0), Poss(DAE_i > 0)\} \\ \max\{Poss(DAE_i < 0), Poss(DAE_i > 0)\} \\ \frac{DAE_i^0 < 0 < \overline{DAE}_i^0}{0, \overline{DAE}_i^0 \geq 0} \end{cases}, t = \overline{0, T}, \quad (29)$$

де $\mu_{\tilde{DPP}}(t)$ – значення функції належності для нечіткої оцінки DPP, яке відповідає t -му періоду; $DAE_i^0, \overline{DAE}_i^0$ – відповідно, мінімальне та максимальне значення для інтервалу 0-го рівня в межах нечіткої оцінки DAE, яка відповідає t -му періоду.

Показник ступеня можливості $Poss(\dots)$, який входить до виразу (29), у теорії нечітких множин припускає різні способи побудови: наявні версії міри можливості на основі інтервального підходу («з» та «без» зважування) [7; 9], поряд із ними використовується міра можливості на основі теоретико-ймовірнісної аналогії [8].

Виходячи з співвідношення (29), знаходження нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням на основі принципу відповідності нечіткому нулю потребує виконання наступних розрахункових операцій.

1. За нечіткими оцінками грошових потоків інвестиційного проекту і ставки дисконтування, згідно з правилами нечіткої арифметики, розраховуються нечіткі оцінки накопиченого дисконтованого ефекту $\tilde{DAE}_i, t=0, T$.

2. На основі виразу (29) для окремих розрахункових періодів інвестиційного проекту в межах терміну його реалізації знаходяться значення функції належності шуканої нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням $\mu_{\tilde{DPP}}(t), t=0, T$.

3. Визначається модальне значення для шуканої нечіткої оцінки \tilde{DPP} . Виходячи з принципу її побудови, відповідна розрахункова формула має вигляд:

$$DPP_{mod} = t_* + \frac{0,5 - Poss(DAE_{t_*} \geq 0)}{Poss(DAE_{t_*+1} \geq 0) - Poss(DAE_{t_*} \geq 0)}, \quad (30)$$

$$t_* \in \{0, \dots, T-1\}, \quad Poss(DAE_{t_*} \geq 0) \leq 0,5,$$

$$Poss(DAE_{t_*+1} \geq 0) > 0,5, \quad (31-32)$$

де DPP_{mod} – модальне значення для нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням; DAE_{t_*}, DAE_{t_*+1} – значення накопиченого дисконтованого ефекту на кінець, відповідно, t_* -го і t_*+1 -го періодів.

4. Одержана в межах двох попередніх кроків нечітка оцінка \tilde{DPP} приводиться до дискретно-інтервального способу представлення. Це здійснюється шляхом кусково-лінійної інтерполяції:

$$\underline{DPP}^{\alpha_i} = t_i^* + \frac{\alpha_i - \mu_{\tilde{DPP}}(t_i^*)}{\mu_{\tilde{DPP}}(t_i^* + \Delta) - \mu_{\tilde{DPP}}(t_i^*)}, \quad (33)$$

$$t_i^* = \max\{t \mid \mu_{\tilde{DPP}}(t) \leq \alpha_i \ \& \ t < DPP_{mod}, t = \overline{0, T-1}\}, \quad (34)$$

$$t_i^* + \Delta = \begin{cases} t_i^* + 1, t_i^* + 1 \leq DPP_{mod} \\ DPP_{mod}, t_i^* + 1 > DPP_{mod} \end{cases}, \quad (35)$$

$$\overline{DPP}^{\alpha_i} = (t_i^{**} - \Delta) + \frac{\alpha_i - \mu_{\tilde{DPP}}(t_i^{**} - \Delta)}{\mu_{\tilde{DPP}}(t_i^{**}) - \mu_{\tilde{DPP}}(t_i^{**} - \Delta)}, \quad (36)$$

$$t_i^{**} = \min\{t \mid \mu_{\tilde{DPP}}(t) \leq \alpha_i \ \& \ t > DPP_{mod}, t = \overline{1, T}\}, \quad (37)$$

$$t_i^{**} - \Delta = \begin{cases} t_i^{**} - 1, t_i^{**} - 1 \geq DPP_{mod} \\ DPP_{mod}, t_i^{**} - 1 < DPP_{mod} \end{cases}, \quad (38)$$

$$\alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n}, \quad (39)$$

де $\underline{DPP}^{\alpha_i}, \overline{DPP}^{\alpha_i}$ – відповідно, мінімальне та максимальне значення для інтервалу α_i -рівня в межах нечіткої оцінки терміну окупності з дисконтуванням \tilde{DPP} .

Визначимо нечітку оцінку терміну окупності з дисконтуванням на основі принципу від-

Таблиця 4
Параметри нечіткої оцінки DPP
 для методу на основі принципу
 відповідності нечіткому нулю

$\alpha_i, i=0,5$	$\underline{DPP}^{\alpha_i}$	$\overline{DPP}^{\alpha_i}$	$\alpha_i, i=6,10$	$\underline{DPP}^{\alpha_i}$	$\overline{DPP}^{\alpha_i}$
0	1,00	5,00	0,6	2,37	2,85
0,1	2,03	3,75	0,7	2,43	2,80
0,2	2,09	3,42	0,8	2,50	2,75
0,3	2,16	3,10	0,9	2,57	2,69
0,4	2,23	2,96	1	2,64	2,64
0,5	2,30	2,91	–	–	–

повідності нечіткому нулю для розглядуваної в публікації умовної ситуації. Виконання всіх необхідних розрахунків дає змогу отримати результати, які наводяться в табл. 4.

Рис. 3 репрезентує графік знайденої нечіткої оцінки DPP .

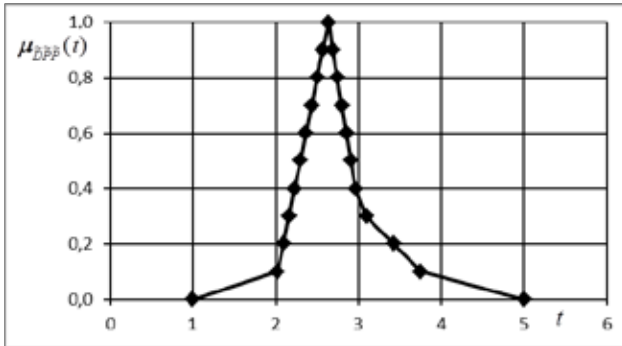


Рис. 3. Нечітка оцінка DPP на основі принципу відповідності нечіткому нулю

Згідно з припущеннями, зробленими на початку публікації, сферою застосування представлених методів є інвестиційні проекти, що в межах згенерованих для них сценаріїв перебігу подій протягом терміну своєї реалізації мають обов'язково окупитися. Ситуації, коли розрахункова модель інвестиційного проекту містить сценарії, за яких показник його чистої теперішньої вартості (*Net Present Value* – NPV) може набувати від'ємні значення, потребують розроблення спеціальних підходів до оцінювання терміну окупності з дисконтуванням.

О.О. Недосекіним було запропоновано для проектів із ненульовим ризиком неефективності (неокупності) визначати нечітку оцінку показника DPP за допомогою екстраполяції наявних значень грошових потоків у часовій перспективі після передбачуваного терміну їх реалізації [10]. Межею екстраполяції виступає розрахунковий період, коли аналізований інвестиційний проект гарантовано окупається. Поряд із потенціалом цього підходу він не є вільним від певних обмежень або недоліків, які стримують його широке застосування [9; 10].

По-перше, залишається відкритим питання щодо припустимості екстраполяції грошових потоків інвестиційного проекту поза планованим терміном його реалізації. По-друге, цілком не обов'язково тенденція динаміки грошових потоків інвестиційного проекту є такою, що в результаті її екстраполяції має досягатися гарантована окупність здійснених капіталовкладень. По-третє, ступінь ризику неокупності проекту за нечіткою оцінкою показника DPP , одержаної на основі екстраполяції грошових потоків, у загальному випадку істотно розбігається із ступенем ризику від'ємного значення показника NPV .

Позбавленим наведених вище обмежень і недоліків є метод оцінювання терміну окупності з дисконтуванням на основі функції окупнос-

ті, яка пропонується в роботі [8]. Структурно функція окупності аналогічна функції розподілу випадкової величини з теорії ймовірностей і відображає розподіл ступенів можливості окупності проекту на часовому горизонті його здійснення, виходячи з гіпотези:

$$Poss(DPP \leq t) = Poss(DAE_t \geq 0), \quad t \in [0, +\infty). \quad (40)$$

Відповідно до зазначеного, а також припускаючи дискретний за розрахунковими періодами порядок визначення нечітких оцінок накопиченого дисконтованого ефекту інвестиційного проекту, функція окупності (F_{DPP}) може бути подана в такий спосіб [8]:

$$F_{DPP}(t) = Poss(DPP \leq t), \quad (41)$$

$$Poss(DPP \leq t) = \begin{cases} Poss(DAE_{k-1} \geq 0) + (t - (k-1)) \times \Delta Poss^+(DAE_k, DAE_{k-1}), & k-1 \leq t \leq k \\ Poss(DAE_t \geq 0), & t > T \end{cases}, \quad (42)$$

$$\Delta Poss^+(DAE_k, DAE_{k-1}) = Poss(DAE_k \geq 0) - Poss(DAE_{k-1} \geq 0), \quad (43)$$

$$t \in [0, +\infty), \quad k = \overline{1, T},$$

де DAE_{k-1} , DAE_k – значення накопиченого дисконтованого ефекту на кінець, відповідно, $k-1$ -го і k -го періоду.

Функція окупності, як вона формулюється в роботі [8], ґрунтується на теоретико-ймовірнісній версії можливої міри. Водночас за своєю загальною структурою вона не передбачає якихось обмежень щодо цього, і для її побудови може бути використаний будь-який варіант міри можливості з тих, що зазначалися раніше.

Враховуючи зауваження щодо розглядуваної функції, наведені в роботі [14], як переваги оцінювання терміну окупності з дисконтуванням за її допомогою можна назвати таке.

По-перше, вона має універсальне значення і дає змогу однаково ефективно моделювати окупність як проектів, які гарантовано окупаються протягом терміну реалізації, так і проектів, що характеризуються ненульовим ризиком від'ємного NPV . По-друге, у разі проектів із ненульовим ризиком від'ємного NPV застосування цієї функції не потребує додаткових припущень щодо можливих грошових потоків поза планованим терміном здійснення й експлуатації інвестицій. По-третє, за самим принципом її побудови аналізований функції властива абсолютна узгодженість із розподілом ступенів ризику від'ємного значення для накопиченого дисконтованого ефекту за розрахунковими періодами реалізації проекту.

Із метою забезпечення якомога більш повного використання аналітичного потенціалу функції окупності доцільно визначити набір показників, які можуть бути виокремлені на її основі й які відображають окремі аспекти окупності інвестиційного проекту. У результаті відповідного аналізу як такі локальні або деталізовані характеристики на основі функції окупності можна запропонувати показники, що представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Деталізовані показники на основі функції окупності

№	Назва (зміст) показника	Позначення показника	Розрахункова модель показника
1	Момент перед початком ненульової можливості окупності з дисконтуванням	DPP_{\min}	$DPP_{\min} = \max\{t \mid F_{DPP}(t) = 0, t = \overline{0, T}\}$
2	Медіанне значення терміну окупності з дисконтуванням	DPP_{med}	$DPP_{\text{med}} = t_* + \frac{0,5 - F_{DPP}(t_*)}{F_{DPP}(t_* + 1) - F_{DPP}(t_*)}, t_* \in \{0, \dots, T-1\},$ $F_{DPP}(t_*) < 0,5, F_{DPP}(t_* + 1) \geq 0,5$
3	Ступінь ризику неокупності проекту (за дисконтованими грошовими потоками) протягом періоду t	$Risk_{\overline{DPP}}(t)$	$Risk_{\overline{DPP}}(t) = 1 - F_{DPP}(t), t \in [0, +\infty)$

Розрахункова модель показника DPP_{\min} в табл. 5 знайдена виходячи з припущення, що після мінімального терміну, коли серед інших сценаріїв може мати місце окупність проекту, послідовність нечітких оцінок показника DAE є неспадною (в сенсі визначення на початку статті). Для показника DPP_{med} додатково до цього припускається: $F_{DPP}(T) \geq 0,5$.

Висновки. Результати проведеного дослідження свідчать, що в разі, коли початкові дані інвестиційного проекту обтяжені нечіткістю, задача оцінювання терміну окупності з дисконтуванням не має єдиного підходу до свого розв'язання і характеризується наявністю низки методів, які ґрунтуються на різних вихідних припущеннях. Передумовами для цього виступають, з одного боку, структурна специфіка зазначеного показника, а з іншого – методологічна незамкненість теорії нечітких множин.

На завершення варто також додати, що перспективним напрямом подальших наукових розвідок за порушеною в публікації проблематикою є формування внутрішньо узгодженої методології оцінювання економічної привабливості реальних інвестицій у ситуації нечітких початкових даних.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

- Buckley J.J. Fuzzy mathematics in economics and engineering / J.J. Buckley, E. Eslami, T. Feuring. – Heidelberg; New York: Physica-Verl., 2002. – XI, 272 p.
- Bojadziev G. Fuzzy Logic for Business, Finance and Management / G. Bojadziev, M. Bojadziev. – Singapore: World Scientific, 2007. – XX, 232 p.
- Fuzzy Sets in Management, Economy and Marketing / Ed. By Zopounidis C. and oth. – World Scientific Pub Co, 2001. – XIII, 271 p.
- Кофман А. Введение теории нечетких множеств в управление предприятиями / А. Кофман, Х. Хил Алуха ; пер. с исп. – Минск : Вышэйшая школа, 1992. – 224 с.
- Zimmermann H.J. Fuzzy Sets Theory – and Its Applications / H.J. Zimmermann. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. – XX, 399 p.
- Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М. : Машиностроение – 1, 2004. – 397 с.
- Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А.О. Недосекин. – СПб. : Сезам, 2002. – 181 с.
- Тищук Т.А. Економіко-математичне моделювання процесів управління проектами на основі теорії нечітких множин : дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.03.02 / Т.А. Тищук. – Донецьк, 2001. – 160 с.
- Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств : дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.00.13 / П.М. Деревянко. – Санкт-Петербург, 2006. – 224 с.
- Недосекин А.О. Нечеткий DPBP и новый подход к рациональному отбору инвестиционных проектов / А.О. Недосекин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_090603.doc.
- Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика : [учеб. пособ.] / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – М. : Дело, 2002. – 888 с.
- Коцюба О.С. Оцінювання внутрішньої норми доходності в ситуації нечітких грошових потоків / О.С. Коцюба // Стратегія економічного розвитку України : наук. зб. / Гол. ред. А.П. Наливайко. – К. : КНЕУ, 2013. – Вип. 33. – С. 228–241.
- Коцюба О.С. Альтернативний підхід до побудови нечіткої внутрішньої норми доходності / О.С. Коцюба. – К. : КНЕУ, 2006. – Деп. в ДНТБ України 6.02.06. – №10 – Ук 06. – 10 с.
- Коцюба О.С. Механізм та аналітико-інструментальні засоби забезпечення економічної стійкості підприємства (за матеріалами поліграфічних підприємств України) : дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.00.04 / О.С. Коцюба. – К., 2009. – 284 с.