

УДК 658.152:330.322.54:519.866

Коцюба Олексій Станіславович*

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО НЕЧІТКО-МНОЖИННОГО ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКА ЧИСТОЇ ТЕПЕРІШНЬОЇ ВАРТОСТІ

Анотація. В публікації досліджуються наявні підходи до нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості. В межах цього було розглянуто загальний пошуково-оптимізаційний підхід, який забезпечує високий ступінь точності, а також наближений метод на основі аналітичних співвідношень, перевагою якого є обчислювальна зручність. Було виявлено, що в певних ситуаціях розбіжності в оцінках між даними методами можуть досягати неприпустимо значного рівня. Останнє обумовлює завдання виокремлення ситуацій, коли є прийнятним або доцільним застосування наближеного аналітичного методу, і ситуацій, коли від звернення до цього методу слід відмовитися і для оцінювання чистої теперішньої вартості має бути застосований виключно пошуково-оптимізаційний підхід.

Ключові слова: інвестиційний проект, оцінювання ефективності, чиста теперішня вартість, невизначеність, нечіткі дані, теорія нечітких множин.

Вступ. У широкому розумінні призначення реальних інвестицій на підприємстві полягає у формуванні, підтриманні у робочому стані й розвитку його операційної системи. Важливу роль у результативності діяльності з реального інвестування відіграє якість аналітичної підтримки інвестиційних рішень. Однією з ключових перешкод на шляху ефективної реалізації цього завдання є дестабілізуюча дія фактору невизначеності та породженого нею ризику.

Поряд з невизначеністю, яка концептуалізується в межах теорії імовірностей, сучасний інвестиційний аналіз та інвестиційний менеджмент оперують невизначеністю, зміст якої може бути виражений як розпливчатість, розмитість, нечіткість. Формалізований опис останньої здійснюється за допомогою теорії нечітких множин.

Основоположний внесок у розроблення методології нечітких множин у сфері економіки належить в першу чергу західним вченим. Останні півтора-два десятиріччя цей напрям інтенсивно освоюється і розвивається науковцями країн пострадянського простору, у тому числі України. В їх ряду як таких, чиї роботи містять значущі нові ідеї та підходи, можна назвати, зокрема, В.П. Бочарникова, П.В. Севастьянова, Л.Г. Димову, О.О. Недосєкіна, О.С. Птускіна, Ю.П. Зайченка, В.Г. Чернова, П.М. Дерев'янка [1–7].

Нечіткість вихідних даних інвестиційного проекту зумовлює нечіткість результатуючих показників його економічної привабливості або ефективності. Порівняно з такими показниками ефективності інвестицій, як внутрішня норма доходності, а також термін окупності (передусім, з урахуванням дисконтування), питання нечітко-множинного оцінювання чистої теперішньої вартості (*Net Present Value – NPV*) не обтяжене якимись “підводними каменями” і є в ціло-

* Олексій Станіславович Коцюба – канд. екон. наук, доцент, докторант кафедри стратегії підприємств, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», Alex.Kosta.54.1@gmail.com

му добре опрацьованим. В загальному випадку знаходження зазначеного показника, за умови дискретно-інтервального за рівнями належності представлення початкових кількісних параметрів, зводиться до набору однотипних оптимізаційних задач. При цьому поряд із підходом, який передбачає звернення до спеціальних методів оптимізації, існує і користується популярністю аналітичний метод наближеного моделювання нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості.

Постановка завдання. В контексті вищевикладеного становить інтерес порівняльний аналіз наявних підходів до нечітко-множинного оцінювання показника чистої теперішньої вартості.

Результати. Подальший аналіз порушеної проблеми ґрунтується на таких припущеннях (гіпотезах):

- оцінки грошових потоків інвестиційного проекту мають характер або припускають представлення у формі нечітких чисел, де останні слід розуміти як нечіткі величини з нормальною і опуклою функцією належності [8, с. 71];
- оцінки грошових потоків інвестиційного проекту, за виключенням початкових інвестиційних витрат, можуть містити одночасно додатні і від'ємні значення;
- для різних розрахункових періодів оцінки ставки дисконтування грошових потоків інвестиційного проекту можуть різнитися між собою. Зазначені оцінки мають характер або припускають представлення у формі нечітких чисел в сенсі, наведеному вище;
- початкові параметри, на основі яких розраховуються грошові потоки інвестиційного проекту, вважаються незалежними між собою за зміни їх значень в межах носіїв нечітких оцінок (чисел), якими вони описуються.

Також, орієнтуючись на потреби практичних розрахунків, будемо виходити з дискретно-інтервального за рівнями належності способу опису нечітких оцінок. При цьому припускатимемо, що дискретизація здійснюється через рівні проміжки.

Відповідно до оговорених гіпотез структуру нечітких оцінок грошових потоків інвестиційного проекту і дисконтної ставки визначають співвідношення:

- 1) $\max\{\alpha_i \mid \alpha_i = \Delta\alpha \times i, \Delta\alpha > 0, i = \overline{0, n}\} = 1$ (звідси $\alpha_i = i/n, i = \overline{0, n}$);
- 2) $\tilde{CF}_k = \bigcup_{i=0}^n [\underline{CF}_k^{\alpha_i}, \overline{CF}_k^{\alpha_i}]$, $k = \overline{0, T}$, $\tilde{r}_s = \bigcup_{i=0}^n [\underline{r}_s^{\alpha_i}, \overline{r}_s^{\alpha_i}]$, $s = \overline{1, T}$, $\alpha_i = i/n, i = \overline{0, n}$;
- 3) $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \leq \overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{0, T}$, $\underline{r}_s^{\alpha_i} \leq \overline{r}_s^{\alpha_i}$, $s = \overline{1, T}$, $\alpha_i = i/n, i = \overline{0, n-1}$;
- 4) $\underline{CF}_k^{1,0} \leq \overline{CF}_k^{1,0}$, $k = \overline{0, T}$, $\underline{r}_s^{1,0} \leq \overline{r}_s^{1,0}$, $s = \overline{1, T}$;
- 5) $\underline{CF}_k^{\alpha_i} \leq \underline{CF}_k^{\alpha_{i+1}}$, $\overline{CF}_k^{\alpha_{i+1}} \leq \overline{CF}_k^{\alpha_i}$, $k = \overline{0, T}$, $\underline{r}_s^{\alpha_i} \leq \underline{r}_s^{\alpha_{i+1}}$, $\overline{r}_s^{\alpha_{i+1}} \leq \overline{r}_s^{\alpha_i}$, $s = \overline{1, T}$, $\alpha_i = i/n, i = \overline{0, n-1}$.

У наведених співвідношеннях використовуються такі умовні позначення: CF_k , $\tilde{CF}_k$, $k = \overline{0, T}$ – відповідно детерміноване (точково фіксоване) значення й нечітка оцінка грошового потоку аналізованого інвестиційного проекту в k -му

розрахунковому періоді; $r_s, \tilde{r}_s, s = \overline{1, T}$ – відповідно детерміноване значення й нечітка оцінка ставки дисконтування грошового потоку аналізованого інвестиційного проекту в s -му розрахунковому періоді; i, n – відповідно індекс інтервалу достовірності й кількість кроків дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки аналізованого параметра; α_i – значення функції належності для i -го інтервалу достовірності в межах дискретно-інтервального за рівнями належності представленні нечіткої оцінки аналізованого параметра; $\Delta\alpha$ – крок дискретизації в дискретно-інтервальному за рівнями належності представленні нечіткої оцінки аналізованого параметра; $\underline{CF}_k^{\alpha_i}, \overline{CF}_k^{\alpha_i}, k = \overline{0, T}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки грошового потоку в k -му розрахунковому періоді, який відповідає рівню належності α_i ; $\underline{r}_s^{\alpha_i}, \overline{r}_s^{\alpha_i}, s = \overline{1, T}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки ставки дисконтування грошового потоку в s -му розрахунковому періоді, який відповідає рівню належності α_i .

В межах прийнятих припущень оцінювання чистої теперішньої вартості може бути формалізоване як набір двійок (пар) оптимізаційних задач, де кожна двійка відповідає окремому рівню належності [7, с. 126]:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^T \frac{\underline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^k (1 + \underline{r}_s^{\alpha_i})} \rightarrow \min, \quad \overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^T \frac{\overline{CF}_k^{\alpha_i}}{\prod_{s=1}^k (1 + \overline{r}_s^{\alpha_i})} \rightarrow \max, \quad (1-2)$$

$$\underline{r}_s^{\alpha_i} \in [\underline{r}_s^{\alpha_i}, \overline{r}_s^{\alpha_i}], \quad s = \overline{1, T}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{0, n}. \quad (3-4)$$

де $\underline{NPV}^{\alpha_i}, \overline{NPV}^{\alpha_i}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки показника NPV , який відповідає рівню належності α_i ; $\underline{CF}_k^{\alpha_i}$ – значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки грошового потоку в k -му розрахунковому періоді, який відповідає рівню належності α_i ; $\underline{r}_s^{\alpha_i}$ – значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки ставки дисконтування грошового потоку в s -му розрахунковому періоді, який відповідає рівню належності α_i .

Як альтернативу оптимізаційній моделі (1–4) Чуй-Юй Ч’ю та Чхан С. Пак [9] запропонували аналітичний метод наближеного знаходження нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості. Його зміст репрезентують формули:

$$\underline{NPV}^{\alpha_i} = \underline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^T \left(\frac{\max(\underline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^k (1 + \underline{r}_s^{\alpha_i})} + \frac{\min(\overline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^k (1 + \overline{r}_s^{\alpha_i})} \right), \quad (5)$$

$$\overline{NPV}^{\alpha_i} = \overline{CF}_0^{\alpha_i} + \sum_{k=1}^T \left(\frac{\max(\overline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^k (1 + \underline{r}_s^{\alpha_i})} + \frac{\min(\overline{CF}_k^{\alpha_i}, 0)}{\prod_{s=1}^k (1 + \overline{r}_s^{\alpha_i})} \right), \alpha_i = i/n, i = \overline{0, n}. \quad (6-7)$$

Очевидно, що використання виразів (5–7) може супроводжуватися завищенням величини відповідних інтервалів достовірності і, як наслідок цього, шуканої нечіткої оцінки в цілому. Разом з тим, метод Ч'ю-Пака набув поширення серед фахівців. Зокрема, його регулярно використовує у своїх працях Дж. Кахраман [10–12], який є помітною фігурою в середовищі науковців, які спеціалізуються на економічних застосуваннях нечітко-множинної методології.

Цілком закономірно постає питання про величину можливих розбіжностей між результатами оцінювання показника *NVP* на основі викладених вище пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів. З метою його з'ясування розглянемо використання даних методів на розрахунковому прикладі.

Нехай грошові потоки і ставки дисконтування для гіпотетичного інвестиційного проекту описуються нечіткими трапецієподібними оцінками (числами), реперні (визначальні) точки яких відображені в табл. 1–2. Термін реалізації проекту становить 6 років.

Необхідно за допомогою пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів оцінити чисту теперішню вартість розглядуваного інвестиційного проекту.

Таблиця 1

**НЕЧІТКІ ТРАПЕЦІЄПОДІБНІ ОЦІНКИ ГРОШОВИХ ПОТОКІВ
ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ, МЛН ГР. ОД.**

Рік	$\underline{CF}_k^0, k = \overline{0, 6}$	$\underline{CF}_k^1, k = \overline{0, 6}$	$\overline{CF}_k^1, k = \overline{0, 6}$	$\overline{CF}_k^0, k = \overline{0, 6}$
0	-5	-4	-3	-2
1	-10	-9	-8	-7
2	6	7	8	9
3	6	8	10	12
4	6	8	10	12
5	6	7	8	9
6	-5	-4	-3	-2

Таблиця 2

**НЕЧІТКІ ТРАПЕЦІЄПОДІБНІ ОЦІНКИ СТАВОК ДИСКОНТУВАННЯ
ГРОШОВИХ ПОТОКІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ**

Рік	$\underline{r}_k^0, k = \overline{0, 6}$	$\underline{r}_k^1, k = \overline{0, 6}$	$\overline{r}_k^1, k = \overline{0, 6}$	$\overline{r}_k^0, k = \overline{0, 6}$
1	0,14	0,18	0,26	0,30
2	0,14	0,18	0,26	0,30
3	0,16	0,20	0,28	0,32
4	0,16	0,20	0,28	0,32
5	0,18	0,22	0,30	0,32
6	0,18	0,22	0,30	0,32

В табл. 3 наводяться результати визначення нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості на основі досліджуваних методів.

Таблиця 3

**НЕЧІТКА ОЦІНКА ЧИСТОЇ ТЕПЕРІШНЬОЇ ВАРТОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ
В МЕЖАХ ПОШУКОВО-ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ($\tilde{NPV}_{so}$) Й АНАЛІТИЧНОГО ($\tilde{NPV}_{an}$) МЕТОДІВ**

$\alpha_i, i = \overline{0, 10}$	$\tilde{NPV}_{so}$, млн гр. од.		$\tilde{NPV}_{an}$, млн гр. од.	
	$\underline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\underline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$
0,0	-3,961	17,234	-6,004	18,334
0,1	-3,459	16,375	-5,366	17,446
0,2	-2,950	15,531	-4,725	16,570
0,3	-2,434	14,700	-4,081	15,706
0,4	-1,912	13,884	-3,434	14,853
0,5	-1,382	13,082	-2,784	14,011
0,6	-0,845	12,293	-2,130	13,180
0,7	-0,300	11,517	-1,473	12,359
0,8	0,252	10,754	-0,811	11,548
0,9	0,812	10,003	-0,146	10,748
1,0	1,379	9,265	0,524	9,956

Рис. 1 демонструє графіки одержаних нечітких оцінок аналізованого показника.

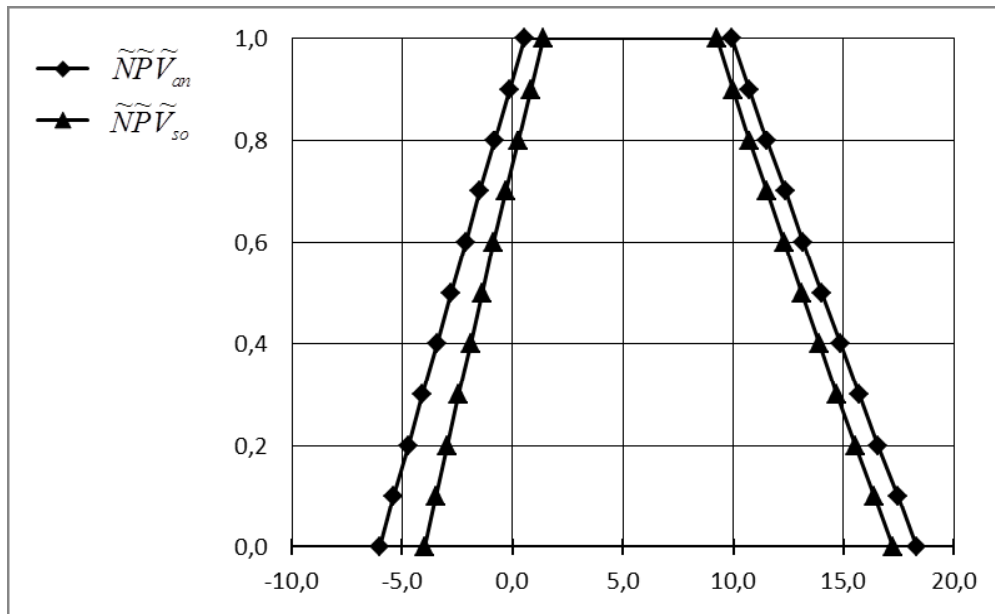


Рис. 1. Нечітка оцінка чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту на основі пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів

Як видно з даних табл. 3 і рис. 1, оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ і $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$, з одного боку, характеризуються високим ступенем взаємної близькості, а з другого боку, розбіжності, які для них мають місце, є досить помітними, щоб скласти предмет спеціального аналізу. Практичний інтерес становить з'ясування значущості (релевантності) зазначених розбіжностей для діагностики економічної привабливості (ефективності) інвестиційного проекту. Виходячи з цього, видається доцільним провести детальний порівняльний аналіз альтернативних нечітких оцінок показника чистої теперішньої вартості, дослідивши такі їх характеристики:

- міру схожості між даними оцінками – $S(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}, \tilde{NP}\tilde{V}_{an})$;
- репрезентативні значення (числа) оцінок – $Re(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}), Re(\tilde{NP}\tilde{V}_{an})$;
- середньозважений розмах варіації значень в межах порівнюваних оцінок – $AR(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}), AR(\tilde{NP}\tilde{V}_{an})$;
- семівідхилення (семідевіацію) значень в межах аналізованих оцінок від нуля як бази співставлення – $SeD(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}, Cr), SeD(\tilde{NP}\tilde{V}_{an}, Cr)$, за умови, що $Cr = 0$, де Cr – нормативний рівень критеріального показника (чистої теперішньої вартості);
- коефіцієнт середнього розмаху варіації для розглядуваних оцінок – $CAR_{Re}(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}), CAR_{Re}(\tilde{NP}\tilde{V}_{an})$;
- коефіцієнт семівідхилення для порівнюваних оцінок – $CSeD_{Re}(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}, Cr), CSeD_{Re}(\tilde{NP}\tilde{V}_{an}, Cr)$, за умови, що $Cr = 0$;
- ступінь можливості (ризик) від'ємного значення в межах досліджуваних оцінок – $Risk(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}, Cr) = Poss_{\tilde{NP}\tilde{V}_{so}}(NPV < Cr)$, $Risk(\tilde{NP}\tilde{V}_{an}, Cr) = Poss_{\tilde{NP}\tilde{V}_{an}}(NPV < Cr)$, за умови, що $Cr = 0$.

Коротко опишемо перелічені показники.

1. Міра схожості нечітких підмножин (чисел, оцінок) відображає ступінь їх співпадіння (однаковості, близькості), виходячи з того, що ситуації повного співпадіння відповідає максимальне значення міри – 1, коли ж порівнювані нечіткі підмножини не мають спільних елементів, значення міри має дорівнювати 0, в усіх інших випадках значення міри варіюється у відкритому проміжку від 0 до 1, відображаючи градації часткового співпадіння, залежно від обсягу (кількості) спільних елементів і значень функції належності, які їм відповідають, а також обсягу елементів, які містяться лише в одній з порівнюваних нечітких підмножин. Конкретна математична конструкція міри схожості може бути побудована в різний спосіб. В межах досліджуваного питання доцільно використати її варіант, згідно з яким ступінь схожості (S) між деякими нечіткими оцінками $\tilde{K}_1$ і $\tilde{K}_2$ слід визначати за формулою (на основі [13, с. 262]):

$$S(\tilde{K}_1, \tilde{K}_2) = \frac{|\tilde{K}_1 \cap \tilde{K}_2|}{|\tilde{K}_1 \cup \tilde{K}_2|}, \quad (8)$$

де $|\cdot|$ – потужність (кардинальне число) нечіткої підмножини.

2. Репрезентативне значення або число нечіткої величини (числа) являє собою нечітко-множинний аналог показників центра групування (центральної тенденції) випадкової величини з теорії імовірностей. Так само, як це має місце для останніх, репрезентативне значення припускає різні варіанти і може знаходитися в різний спосіб: як центр ваги, як центр площі, як мода (тобто значення з максимальним значенням функції належності), а також на основі інших підходів [14, с. 197-201].

В межах задач інвестиційного аналізу поряд з іншими підходами є доцільним використання методу, який відповідно до його структури можна називати методом середньозваженого за рівнями належності (α -зрізами, інтервалами α -рівня) центрування (центра) [15, с. 7]. Згідно з даним методом репрезентативне значення нечіткої оцінки деякого економічного показника (критерію) K слід знаходити за допомогою формули:

$$Re(\tilde{K}) = Re^{lw}(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^n w(\alpha_i) \times \frac{\underline{K}^{\alpha_i} + \overline{K}^{\alpha_i}}{2}, \quad (9)$$

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{1, n}, \quad (10-11)$$

де $Re(\tilde{K})$ – репрезентативне значення (число) для нечіткої оцінки критерію K ; $Re^{lw}(\tilde{K})$ – репрезентативне значення (число) для нечіткої оцінки критерію K , розраховане на основі методу середньозваженого за α -рівнями центрування; $\underline{K}^{\alpha_i}$, $\overline{K}^{\alpha_i}$ – відповідно мінімальне і максимальне значення для інтервалу в межах нечіткої оцінки критерію K , який відповідає рівню належності α_i .

3. Середньозважений розмах варіації значень в межах нечіткої оцінки виступає як один з можливих нечітко-множинних еквівалентів (в аналітичному аспекті) середньозваженого модуля відхилення значень відносно центра групування з теорії імовірностей. Розглядуваний показник слід обчислювати на основі формули [16, с. 30–31]:

$$AR(\tilde{K}) = \sum_{i=1}^n w(\alpha_i) \times (\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}), \quad (12)$$

$$w(\alpha_i) = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{1, n}, \quad (13-14)$$

де $AR(\tilde{K})$ – середньозважений розмах варіації значень в межах нечіткої оцінки критерію K .

4. Показник семівідхилення (семідевіації) відображає несприятливі (небажані) варіювання значень в межах недетермінованої оцінки економічного показника (критерію) по відношенню до деякої бази співставлення. В разі, коли недетермінованість оцінки критерію має характер нечіткості і як база співставлення використовується його нормативний рівень, семівідхилення слід розраховувати в такий спосіб (при цьому припускається, що критерій оптимізується в напрямі максимуму) [16, с. 31]:

$$SeD(\tilde{K}, Cr) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \psi_{\tilde{K}Cr}(\alpha_i), \quad (15)$$

$$\psi_{\tilde{K}Cr}(\alpha_i) = \begin{cases} 0, & Cr \leq \underline{K}^{\alpha_i} \\ Cr - \underline{K}^{\alpha_i}, & \underline{K}^{\alpha_i} < Cr < \overline{K}^{\alpha_i}, \quad \alpha_i = i/n, \quad i = \overline{1, n}, \\ \overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}, & Cr \geq \overline{K}^{\alpha_i} \end{cases} \quad (16-17)$$

де Cr , $Cr = Cr(K)$ – нормативний рівень (норматив) критерію K ; $SeD(\tilde{K}, Cr)$ – семівідхилення значень в межах нечіткої оцінки $\tilde{K}$ від нормативу Cr .

5. Коефіцієнт середнього розмаху варіації являє собою різновид коефіцієнта варіабельності. Він розраховується як відношення середньозваженого розмаху варіації значень аналізованого критерію до його репрезентативного числа [16, с. 31]:

$$CAR_{Re}(\tilde{K}) = \frac{AR(\tilde{K})}{Re(\tilde{K})}, \quad (18)$$

де $CAR_{Re}(\tilde{K})$ – коефіцієнт середнього розмаху варіації для нечіткої оцінки критерію K .

6. Як і попередній показник, коефіцієнт семівідхилення є одним з варіантів коефіцієнта варіабельності. Він може бути розрахований як відношення семівідхилення значень критерію від його нормативу до репрезентативного значення критерію [16, с. 31]:

$$CSeD_{Re}(\tilde{K}, Cr) = \frac{SeD(\tilde{K}, Cr)}{Re(\tilde{K})}, \quad (19)$$

де $CSeD_{Re}(\tilde{K}, Cr)$ – коефіцієнт семівідхилення для нечіткої оцінки критерію K на основі параметрів $Cr = Cr(K)$ та $Re = Re(\tilde{K})$ як баз співставлення (відповідно у чисельнику і знаменнику).

7. Так само, як й абсолютні та відносні показники варіабельності, які були розглянуті вище, ступінь можливості невідповідності економічного показника, обтяженого невизначеністю, деякому своєму нормативному рівню являє собою один із базових аспектів (компонентів) вимірювання ризику. Методологія нечітко-множинного моделювання припускає різні конструкції міри можливості: це може бути підхід на основі теоретико-ймовірнісної аналогії [17], або ж інтервальні версії можливісної міри (“з” і “без” зважування) [3, 7]. Якщо звернутися до можливісної міри на основі інтервальної методології без зважування (підхід Недосекіна-Воронова), то ступінь можливості (ризик), що критерій K , який описується нечіткою оцінкою, набуде значення нижче деякого нормативного рівня Cr слід розраховувати за формулою (на основі [3, с. 73–76]):

$$Risk(\tilde{K}, Cr) = Poss_{\tilde{K}}^I(K < Cr) = \Delta\alpha \times \sum_{i=1}^n \varphi_{\tilde{K}Cr}(\alpha_i), \quad (20)$$

$$\varphi_{\tilde{K}Cr}(\alpha_i) = \begin{cases} 0, & Cr \leq \underline{K}^{\alpha_i} \\ \frac{Cr - \underline{K}^{\alpha_i}}{\overline{K}^{\alpha_i} - \underline{K}^{\alpha_i}}, & \underline{K}^{\alpha_i} < Cr < \overline{K}^{\alpha_i}, \alpha_i = i/n, i = \overline{1, n}, \\ 1, & Cr \geq \overline{K}^{\alpha_i} \end{cases} \quad (21-22)$$

де $Risk(\tilde{K}, Cr)$ – ступінь ризику для нечіткої оцінки критерію K за умови нормативу Cr ; $Poss_{\tilde{K}}^I(\dots)$ – ступінь можливості відповідної події в разі нечіткої оцінки критерію K на основі інтервальної методології без зважування (методу Недосекіна-Воронова).

Неважко помітити, що обрані для порівняльного аналізу нечітких оцінок $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ і $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ показники або параметри, за виключенням міри схожості, характеризують два фундаментальні аспекти будь-якого управлінського рішення в умовах невизначеності, коли критеріальні показники, на основі яких приймається рішення, описуються недетермінованими величинами:

- центральну тенденцію можливих реалізацій (значень) використовуваних критеріальних показників;
- ризик, який в межах прийнятого набору параметрів представлений як параметрами, які відображають тенденцію до варіабельності значень критеріальних показників, так і параметрами, які фіксують тенденцію або можливість небажаного відхилення (невідповідності) фактичних реалізацій критеріальних показників від деякого їх критичного (гранично припустимого) або цільового (оптимального) рівня.

В табл. 4 відображені значення представлених вище порівняльних аналітичних характеристик, які були розраховані для оцінок $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ та $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ на основі даних табл. 1–2.

Таблиця 4

**АНАЛІТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ
ОЦІНОК ЧИСТОЇ ТЕПЕРІШНЬОЇ ВАРТОСТІ**

№	Назва показника (аналітичної характеристики)	Позначення показника, $\tilde{K} \in \{\tilde{NP}\tilde{V}_{so}, \tilde{NP}\tilde{V}_{an}\}$	Значення показника для оцінки		Абсолютна (за модулем) різниця між показниками
			$\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$	$\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$	
1	Міра схожості	$S(\tilde{NP}\tilde{V}_{so}, \tilde{NP}\tilde{V}_{an})$	0,861		–
2	Репрезентативне значення	$Re(\tilde{K})$	5,639	5,464	0,175
3	Середньозважений розмах варіації	$AR(\tilde{K})$	2,514	2,924	0,410
4	Семівідхилення	$SeD(\tilde{K}, 0)$	3,839	8,560	4,721
5	Коефіцієнт середнього розмаху варіації	$CAR_{re}(\tilde{K})$	0,446	0,535	–
6	Коефіцієнт семівідхилення	$CSeD_{re}(\tilde{K}, 0)$	0,681	1,567	–
7	Ступінь можливості (ри- зик) від'ємного значення	$Risk(\tilde{K}, 0)$	0,078	0,134	0,056

Проаналізуємо результати, наведені в табл. 4.

1. Значення міри схожості на рівні 86,1 % можна тлумачити як проміжний між дуже високим і високим ступінь близькості оцінок $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ і $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$.

2. Репрезентативні числа порівнюваних оцінок також характеризуються дуже високим ступенем близькості. Для показника $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ репрезентативне число є дещо більшим і дорівнює 5,639, в той час як для показника $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ воно дорівнює 5,464. Тобто абсолютна різниця між ними становить всього 0,175, а відносна, якщо за базу порівняння прийняти оцінку $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ – трохи більше 3 %.

3. Середньозважений розмах варіації для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ є дещо більшим, ніж для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$. В абсолютному вираженні різниця за даним показником становить 0,410, а у відносному (якщо за базу порівняння прийняти оцінку $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$) – 16,3 %.

4. Якщо попередні розбіжності можна було розцінювати як дуже незначні, або незначні, то в разі показника семівідхилення ситуація докорінно змінюється. Для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ ця характеристика є більш ніж в два рази більшою порівняно з оцінкою $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$. Враховуючи важливість семівідхилення як однієї з мір ризику, просто так знехтувати цим фактом не можна.

5. Дуже високий ступінь близькості репрезентативних чисел, в поєднанні з близьким до високого ступенем близькості значень середньозваженого розмаху

варіації, зумовлює досить близькі між собою величини коефіцієнта середнього розмаху варіації для аналізованих оцінок. Для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ цей показник дорівнює 0,446, а для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an} - 0,535$. Це означає, що на кожну гр. од. репрезентативного рівня чистої теперішньої вартості в разі оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ припадає майже на 20 % менше величини ризику відхилень, ніж для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$.

6. Внаслідок дуже високої розбіжності між значеннями показника семівідхилення, в поєднанні з дуже високим ступенем близькості репрезентативних чисел, має місце дуже висока розбіжність між величинами коефіцієнта семівідхилення для порівнюваних оцінок. Для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ ця характеристика є більш ніж в два рази більшою, ніж для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$.

7. Розбіжність в оцінках ризику від'ємного значення для порівнюваних оцінок показника чистої теперішньої вартості становить 5,6 відсоткових пункти. При цьому для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ величина зазначеного аспекту міри ризику є меншою і дорівнює 7,8 %, в той час як для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ вона дорівнює 13,4 %. Для оцінювання значущості розглядуваної розбіжності видається доцільним використати інструментарій шкал градацій ступеня ризику. Звернемося з цією метою до шкали, яка пропонується в роботі [18, с. 75]. Дана шкала висуває досить жорсткі вимоги до ступеня ризику, який припускає позитивне рішення стосовно доцільності реалізації інвестиційного проекту, і містить у своєму складі три градації:

- прийнятний ризик, який визначається ступенем ризику менше 10 %;
- граничний ризик, якому відповідає інтервал значень ризику від 10 % до 20 %;
- неприйнятний ризик, якщо ступінь ризику перевищує 20 %.

Для наведеної шкали значення 7,8 % відповідає градації прийнятного ризику, а значення 13,4 % попадає вже до наступної градації і розпізнається як граничний ризик.

Отже, в межах запропонованого розрахункового прикладу для альтернативних оцінок чистої теперішньої вартості, з одного боку, можна спостерігати високий ступінь близькості характеристик, які відображають центральну тенденцію, а також варіабельність як таку, тобто без врахування її спрямованості, а з другого боку, для характеристик, які відображають ступінь ризикованості в сенсі тенденції або можливості небажаного відхилення, мають місце розбіжності, які хоча й не набувають якогось однозначно критичного рівня, разом з тим, є доволі помітними, і змушують насторожитися.

Враховуючи останнє зауваження, для розширення уявлень за досліджуваним питанням доцільно розглянути ще один числовий приклад.

Нехай, як і раніше, грошові потоки і ставки дисконтування умовного інвестиційного проекту описуються нечіткими трапецієподібними оцінками (числа-

ми). При цьому оцінки ставок дисконтування запозичимо з попереднього прикладу без змін. Що ж до грошових потоків, то для них покладемо більш тривалу (на один розрахунковий період) інвестиційну фазу, відсутність ліквідаційних витрат, а також трохи вищий загальний рівень притоків і відтоків. Реперні точки трапецієподібних оцінок грошових потоків відображені в табл. 5. Термін реалізації проекту, як і перед цим, взято на рівні 6 років.

Необхідно співставити між собою оцінки чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту, знайдені за допомогою пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів.

Таблиця 5

**НЕЧІТКІ ТРАПЕЦІЄПОДІБНІ ОЦІНКИ ГРОШОВИХ
ПОТОКІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ, МЛН ГР. ОД.**

Рік	$\underline{CF}_k^0, k = \overline{0, 6}$	$\underline{CF}_k^1, k = \overline{0, 6}$	$\overline{CF}_k^1, k = \overline{0, 6}$	$\overline{CF}_k^0, k = \overline{0, 6}$
0	-5	-4	-3	-2
1	-8	-7	-6	-5
2	-9	-8	-7	-6
3	9	10	11	12
4	10	11	12	13
5	10	11	12	13
6	9	10	11	12

В табл. 6 наводяться результати визначення нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості на основі досліджуваних методів.

Таблиця 6

**НЕЧІТКА ОЦІНКА ЧИСТОЇ ТЕПЕРІШНЬОЇ ВАРТОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ
В МЕЖАХ ПОШУКОВО-ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ($\tilde{NPV}_{so}$) Й АНАЛІТИЧНОГО ($\tilde{NPV}_{an}$) МЕТОДІВ**

$\alpha_i, i = \overline{0, 10}$	$\tilde{NPV}_{so}$, млн гр. од.		$\tilde{NPV}_{an}$, млн гр. од.	
	$\underline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{so}^{\alpha_i}$	$\underline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$	$\overline{NPV}_{an}^{\alpha_i}$
0,0	-4,514	15,097	-7,186	17,226
0,1	-4,066	14,313	-6,582	16,351
0,2	-3,613	13,542	-5,975	15,489
0,3	-3,154	12,784	-5,365	14,639
0,4	-2,689	12,039	-4,752	13,800
0,5	-2,218	11,307	-4,136	12,972
0,6	-1,740	10,586	-3,516	12,155
0,7	-1,257	9,878	-2,893	11,349
0,8	-0,767	9,181	-2,266	10,552
0,9	-0,271	8,495	-1,635	9,766
1,0	0,232	7,821	-1,000	8,989

Рис. 2 показує графіки знайдених нечітких оцінок аналізованого показника.

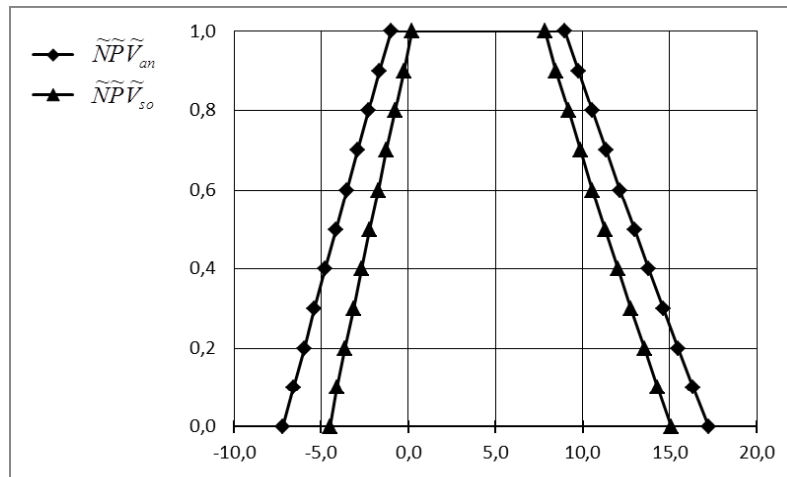


Рис. 2. Нечітка оцінка чистої теперішньої вартості інвестиційного проекту на основі пошуково-оптимізаційного й аналітичного методів

Порівняно з попереднім результатом, вже суто візуально розбіжності між одержаними у розглядуваному прикладі оцінками $\tilde{NPV}_{so}$ та $\tilde{NPV}_{an}$ не виглядають незначними або невинними. Так само, як це було зроблено вище, необхідно провести ґрунтовний аналіз їх структури і можливих наслідків.

В табл. 7 представлені значення порівняльних аналітичних характеристик для оцінок $\tilde{NPV}_{so}$ та $\tilde{NPV}_{an}$, розраховані на основі даних табл. 2 і 5.

Таблиця 7

АНАЛІТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ
ОЦІНОК ЧИСТОЇ ТЕПЕРІШНЬОЇ ВАРТОСТІ

№	Назва показника (аналітичної характеристики)	Позначення показника, $\tilde{K} \in \{\tilde{NPV}_{so}, \tilde{NPV}_{an}\}$	Значення показника для оцінки		Абсолютна (за модулем) різниця між показниками
			$\tilde{NPV}_{so}$	$\tilde{NPV}_{an}$	
1	Міра схожості	$S(\tilde{NPV}_{so}, \tilde{NPV}_{an})$	0,791		—
2	Репрезентативне значення	$Re(\tilde{K})$	4,337	4,249	0,088
3	Середньозважений розмах варіації	$AR(\tilde{K})$	2,354	2,985	0,631
4	Семівідхилення	$SeD(\tilde{K}, 0)$	7,041	15,851	8,810
5	Коефіцієнт середнього розмаху варіації	$CAR_{Re}(\tilde{K})$	0,543	0,703	—
6	Коефіцієнт семівідхилення	$CSeD_{Re}(\tilde{K}, 0)$	1,623	3,731	—
7	Ступінь можливості (ри- зик) від'ємного значення	$Risk(\tilde{K}, 0)$	0,134	0,218	0,084

Проаналізуємо відомості, наведені в табл. 7.

1. Значення міри схожості на рівні 79,1 % можна трактувати як високий ступінь близькості оцінок $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ і $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$.

2. Репрезентативні числа порівнюваних оцінок також характеризуються дуже високим ступенем близькості. Для показника $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ репрезентативне число є дещо більшим і дорівнює 4,337, в той час як для показника $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ воно дорівнює 4,249. Тобто абсолютна різниця між ними становить всього 0,088, а відносна, якщо за базу порівняння прийняти оцінку $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ – близько 2 %.

3. Середньозважений розмах варіації для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ є помітно більшим, ніж для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$. В абсолютному вираженні різниця за даним показником становить 0,631, а у відносному (якщо за базу порівняння прийняти оцінку $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$) – -26,8 %.

4. Як занадто велику слід кваліфікувати розбіжність між значеннями показника семівідхилення. Для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ ця характеристика є більш ніж в 2,25 рази більшою порівняно з оцінкою $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$.

5. Помітна розбіжність в значеннях середньозваженого розмаху варіації, в поєднанні з дуже високим ступенем близькості репрезентативних чисел, зумовлює помітну розбіжність між величинами коефіцієнта середнього розмаху варіації для аналізованих оцінок. Для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ цей показник дорівнює 0,543, а для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ – 0,703. Це означає, що на кожен гр. од. репрезентативного рівня чистої теперішньої вартості в разі оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ припадає десь на 29,5 % менше величини ризику відхилень, ніж для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$.

6. Внаслідок занадто великої розбіжності між значеннями показника семівідхилення, в поєднанні з дуже високим ступенем близькості репрезентативних чисел, має місце дуже висока розбіжність між величинами коефіцієнта семівідхилення для порівнюваних оцінок. Для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ ця характеристика є більш ніж в 2,25 рази більшою, ніж для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$.

7. Розбіжність в оцінках ризику від'ємного значення для порівнюваних оцінок показника чистої теперішньої вартості становить 8,4 відсоткових пункти. При цьому для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{so}$ величина зазначеного аспекту міри ризику є суттєво меншою і дорівнює 13,4 %, в той час як для оцінки $\tilde{NP}\tilde{V}_{an}$ вона дорівнює 21,8 %. В межах трирівневої шкали градацій ступеня ризику (див. відомості щодо цього, викладені вище) значення 13,4 % відповідає градації граничного

ризик, ближче до прийнятного, а значення 21,8 % попадає до наступної градації і розпізнається вже як неприйнятний ризик.

Таким чином, в межах розглянутого числового прикладу розбіжності між альтернативними оцінками чистої теперішньої вартості є настільки значними, що використання аналітичного методу може зумовити неправильне рішення стосовно доцільності реалізації інвестиційного проекту. Тобто в даному випадку цей метод не забезпечує прийнятний рівень наближення (точності).

Висновки. Підсумовуючи результати проведеного дослідження, можна констатувати таке.

Задача оцінювання чистої теперішньої вартості в разі нечітких початкових даних, з одного боку, не містить якихось принципових труднощів, а з другого боку, існуючий методичний апарат для її розв'язання припускає своє подальше теоретичне опрацювання. В публікації були проаналізовані наявні підходи до нечітко-множинного моделювання показника чистої теперішньої вартості. Конкретно, було розглянуто загальний пошуково-оптимізаційний підхід, який зорієнтований на високий ступінь точності, а також метод наближеного оцінювання на основі аналітичних співвідношень, перевагою якого є обчислювальна зручність. Було виявлено, що розбіжності між оцінками згідно з даними методами в певних ситуаціях можуть набувати неприпустимо великого рівня.

Останнє висуває завдання виокремлення ситуацій, коли є прийнятним або доцільним застосування наближеного аналітичного методу, і ситуацій, коли від звернення до цього методу слід відмовитися і для оцінювання чистої теперішньої вартості має бути застосований виключно пошуково-оптимізаційний підхід.

Література

1. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике / В.П. Бочарников. – СПб.: Наука, 2001. – 328 с.
2. 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.: Изд-во «Машиностроение – 1», 2004. – 397 с.
3. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А.О. Недосекин. – СПб.: Типография «Сезам», 2002. – 181 с.
4. Птускин А.С. Нечеткие модели и методы в менеджменте: учебное пособие / А.С. Птускин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 216 с.
5. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Нечеткая оптимизация: учеб. пособие / Ю.П. Зайченко. – К.: Выща шк., 1991. – 191 с.
6. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств / В.Г. Чернов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 312 с.
7. Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук: спец. 08.00.13 / П.М. Деревянко. – Санкт-Петербург, 2006. – 224 с.
8. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учеб. пособие / Г.Э. Яхьяева. – М.: ИНТУИТ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 316 с.

9. Chiu C.Y. Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion / C.Y. Chiu, C.S. Park // *The Engineering Economist*. – 1994. – Vol. 39, № 2. – P. 113–138.
10. Kahraman C. Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows/ C. Kahraman, D. Ruan, E. Tolga // *Information Sciences*. – 2002. – Vol. 142. – P. 57–76.
11. Kahraman C. Measuring flexibility of computer integrated manufacturing systems using fuzzy cash flow analysis / C. Kahraman, A. Beskese, D. Ruan // *Information Sciences*. – 2004. – Vol 168. – P. 77–94.
12. Kahraman C. Applications of Fuzzy Capital Budgeting Techniques / C. Kahraman, M. Gülbay, Z. Ulukan // *Fuzzy Applications in Industrial Engineering* / [ed. C. Kahraman]. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2006. – XIV, 598 p. – (Series “Studies in Fuzziness and Soft Computing”, Vol. 201). – P. 177–203.
13. Перат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Перат; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.
14. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
15. Ахрамейко А.А. Обобщение метода анализа иерархий Саати для использования нечетко-интервальных экспертных данных / А.А. Ахрамейко, Б.А. Железко, Д.В. Ксенович, С.В. Ксенович // *Новые информационные технологии: материалы V международного науч. конф. (г. Минск, 29–31 окт. 2002 г.)*. В 2-х т. / Под ред. А.Н. Морозевича [и др.]. – Минск: БГЭУ, 2002. – Т. 1. – С. 217–222.
16. Коцюба О.С. Вимірювання господарського ризику за нечітко-інтервальними оцінками критеріїв ефективності / О.С. Коцюба // *Інвестиції: практика та досвід*. – 2016. – № 12. – С. 29–34.
17. Тишук Т.А. Економіко-математичне моделювання процесів управління проектами на основі теорії нечітких множин: дис... канд. екон. наук: спец. 08.03.02 / Т.А. Тишук. – Донецьк, 2001. – 160 с.
18. Абдулаева З.И. Стратегический анализ инновационных рисков / З.И. Абдулаева, А.О. Недосекин. – СПб: СПбПУ, 2013. – 150 с.

References

1. Bocharnikov, Viktor. *Fuzzy-tehnologija: matematicheskie osnovy. Praktika modelirovanija v jekonomike*. SPb: Nauka, 2001.
2. Diligenskij, Nikolaj, Ljudmila Dymova, and Pavel Sevast'janov. *Nechetkoe modelirovanie i mnogokriterial'naja optimizacija proizvodstvennyh sistem v uslovijah neopredelenosti: tehnologija, jekonomika, jekologija*. Moskva: Izdatel'stvo «Mashinostroenie – 1», 2004.
3. Nedosekin Aleksej. *Nechetko-mnozhestvennyj analiz riska fondovyh investicij*. SPb.: Tipografija «Sezam», 2002.
4. Ptuskin Aleksandr. *Nechetkie modeli i metody v menedzhmente: uchebnoe posobie*. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. Je. Bauman, 2008.
5. Zajchenko Jurij. *Issledovanie operacij: Nechetkaja optimizacija: uchebnoe posobie*. K.: Vyshha shkola, 1991.
6. Chernov, Vladimir. *Modeli podderzhki prinjatija reshenij v investicionnoj dejatel'nosti na osnove apparata nechetkih mnozhestv*. M.: Gorjachaja linija–Telekom, 2007.
7. Derevjanko Pavel. “Modeli i metody prinjatija strategicheskikh reshenij po raspredeleniju real'nyh investicij predpriyatija s primeneniem teorii nechetkih mnozhestv.” Dis... kand. jekon. nauk: spec. 08.00.13, Sankt-Peterburg, 2006.
8. Jahjaeva, Gul'nara. *Nechetkie mnozhestva i nejronnye seti: uchebnoe posobie*. M.: INTUIT; BINOM. Laboratorija znaniy, 2006.

9. Chiu, Chui-Yu, and Chan S. Park. "Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion." *The Engineering Economist* 39, no. 2 (1994): 113–138.
10. Kahraman Cengiz, Da Ruan, and Ethem Tolga. "Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows." *Information Sciences* 142 (2002): 57–76.
11. Kahraman, Cengiz, Ahmet Beskese, and Da Ruan. "Measuring flexibility of computer integrated manufacturing systems using fuzzy cash flow analysis." *Information Sciences* 168 (2004): 77–94.
12. Kahraman, Cengiz, Murat Gülbay, and Ziya Ulukan. "Applications of Fuzzy Capital Budgeting Techniques." In *Fuzzy Applications in Industrial Engineering Studies in Fuzziness and Soft Computing*, edited by Cengiz Kahraman, 177–203. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006.
13. Piegat, Andrzej. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie*. Translated by Aleksandr Podvesovskij, and Jurij Tjumencev. 2nd ed. M.: BINOM. Laboratorija znanij, 2013.
14. Leonenkov, Aleksandr. *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH*. SPb.: BHV-Peterburg, 2003.
15. Ahramejko, Aleksej and others. "Obobshhenie metoda analiza ierarhij Saati dlja ispol'zovanija nechetko-interval'nyh jekspertnyh dannyh." In *Novye informacionnye tehnologii*, edited by Anatolij Morozovich, 217–222. Minsk: BGJeU, 2002.
16. Kotsyuba, Olesij. "Vymirjuvannja gospodars'kogo ryzyku za nechitko-interval'nymy ocinkamy kryterii'v efektyvnosti." *Investycii: praktyka ta dosvid*, no. 12 (2016): 29–34.
17. Tyshhuk, Tetjana. "Ekonomiko-matematychne modeljuvannja procesiv upravlinnja proektamy na osnovi teorii' nechitkyh mnozhyn." Dys... kand. ekon. nauk: spec. 08.03.02, Donec'k, 2001.
18. Abdulaeva, Zinaida, and Aleksej Nedosekin. *Strategicheskij analiz innovacionnyh ris-kov*. SPb: SPbPU, 2013.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОМУ ОЦЕНИВАНИЮ ПОКАЗАТЕЛЯ ЧИСТОЙ ТЕКУЩЕЙ СТОИМОСТИ

А.С. Коцюба, канд. экон. наук,
докторант кафедры стратегии предпри-
ятий ГВУЗ «Киевский национальный
экономический университет имени
Вадима Гетьмана»

Аннотация. В публикации исследуются имеющиеся подходы к нечетко-множественному оцениванию показателя чистой текущей стоимости. В рамках этого были рассмотрены общий поисково-оптимизационный подход, который обеспечивает высокую степень точности, а также приближенный метод на основе аналитических соотношений, преимуществом которого является вычислительное удобство. Было выявлено, что в определенных ситуациях расхождения в оценках между данными методами могут достигать недопустимо значительного уровня. Последнее обуславливает задачу выделения ситуаций, когда является приемлемым или целесообразным применение приближенного аналитического метода, и ситуаций, когда от обращения к этому методу следует отказаться и для оценки чистой текущей стоимости должен быть применен исключительно поисково-оптимизационный подход.

Ключевые слова: инвестиционный проект, оценка эффективности, чистая текущая стоимость, неопределенность, нечеткие данные, теория нечетких множеств.

ANALYSIS OF FUZZY-SET EVALUATION APPROACHES OF NET PRESENT VALUE INDICATOR

O. Kotsyuba, PhD,
SHEI "Kyiv National Economic
University named after Vadym Hetman"

Abstract. The paper explores the problem of determining Net Present Value of an investment project based on the fuzzy sets theory in a situation where the initial data is expressed by fuzzy values. In general case, the fuzzy-set evaluation of this indicator is reduced to a set of optimization tasks of certain type. Often, depending on characteristics of cash flows fuzzy values solutions of some of these tasks can be found directly, on the basis of appropriate analytical expressions, while other tasks involve resorting to special optimization methods. In the work, the existing approaches to the fuzzy-set modeling of Net Present Value indicator have been analyzed. Within this framework, some calculations provided to illustrate common search-optimization approach, which provides the required degree of accuracy, and the analytical method of approximate finding of a fuzzy Net Present Value, proposed by Chui-Yu Chiu and Chan S. Park. It is revealed that use of different methods results in different estimates, sometimes with great level of significance. This makes it necessary to identify situations of priority use for each of the approaches considered. As the main direction of further development of discussion raised in the publication is the formation of a holistic methodology for assessing effectiveness of real investments based on unified theoretical foundations covering different by nature and structural characteristics types of uncertainty.

Keywords: investment project, performance evaluation, Net Present Value, uncertainty, fuzzy data, fuzzy sets theory.