

2. *Wernerfelt B. A. Resource Based View of the Firm* / B.A. Wernerfelt // Birger Wernerfelt. *Strategic Management Journal* 5. — no. 2 (1984). — P. 171-180.
3. *Grant R. A. Resource-based perspective of competitive advantage* / R. A. Grant // *California Management Review*. — 1991. — 33. — P. 114-135.
4. *Barney J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage* / J. Barney // *Journal of Management*. — [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://bus8020kelly.alliant.wikispaces.net/file/view/Firm+Resources+and+Sustained+Competitive+Advantage.pdf>
5. *Barney J. Resource-based theories of competitive advantage: A ten-year retrospective on the resource-based view* / J. Barney // *Journal of Management*. — 2001. — № 27. — P. 643-650.
6. *Швиданенко Г.О. Оптимізація ресурсного забезпечення функціонування бізнесу* / Н.В. Шевчук, Г.О. Швиданенко // *Управління підприємствами: сучасні тенденції розвитку*: монографія. — К.: КНЕУ, 2006. — 288 с. — С. 157—183.
7. *Шевчук Н. В. Ефективність ресурсного забезпечення діяльності підприємств: проблеми оцінювання* / Н.В. Шевчук // *Ефективна економіка*. — 2010. — №8. — Режим доступу до журн.: <http://www.economy.nayka.com.ua>
8. *Pfeffer J. The external control of organizations: A resource dependence perspective* / J. Pfeffer, G. Salancik. — N. Y. : Harper and Row. — 1978.
9. *Ілляшенко С. М. Управління інноваційним розвитком: проблеми, концепції, методи*: [навч. посіб.] / С. М. Ілляшенко. — Суми: ВТД „Університетська книга”, 2003. — 278 с.

Стаття надійшла до редакції 11.12.2013

УДК 658.152:336.5

**Коцюба О. С.**, к.е.н., доц.  
кафедри стратегії підприємств,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

### ОЦІНЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ НОРМИ ДОХОДНОСТІ В СИТУАЦІЇ НЕЧІТКИХ ГРОШОВИХ ПОТОКІВ

**Анотація.** У публікації викладаються результати дослідження проблеми знаходження внутрішньої норми доходності реальних інвестицій у разі нечітких початкових даних. Проаналізовано метод на основі принципу відповідності нечіткому нулю. Запропоновано метод на основі принципу відповідності інтервальному нулю. Сформульовано метод на основі відтворення розподілу ступенів можливості. Для кожного методу наведено алгоритм, що супроводжується необхідними поясненнями. На прикладі умовного інвестиційного проекту здійснено апробацію зазначених підходів.

**Ключові слова:** інвестиційний проект, внутрішня норма доходності, теорія нечітких множин, нечітка оцінка,  $\alpha$ -рівень.

**Вступ.** Відповідно до сучасної парадигми інвестиційного аналізу обґрунтування економічної доцільності інвестиційного проекту полягає в оцінці набору показників, які розраховуються за даними його грошових потоків. Ані інвестиційний грошовий потік, ані потоки коштів від операційної діяльності не можуть бути спрогнозовані точно. В багатьох випадках суб'єкт прийняття рішень або експерт здатний вказати лише наближені оцінки очікуваних значень грошових потоків аналізованого інвестиційного проекту. Коректну математичну фіксацію таких оцінок забезпечує теорія нечітких множин, закладена більше 45 років тому амери-

канським вченим Лотфі А. Заде, коли ним була опублікована стаття в журналі «Information and Control» [1].

Моделювання грошових потоків інвестиційного проекту за допомогою нечітко-множинних описів породжує задачу знаходження відповідних нечітких оцінок показників його економічної привабливості або ефективності. Простішим і відповідно опрацьованишим є визначення нечітких оцінок показників фінансового ефекту інвестицій, а також нечітких індексів доходності. Їхнє оцінювання залежно від характеру початкових даних виконується або шляхом прямого розрахунку, на основі арифметичних операцій над елементами нечітких оцінок грошових потоків розглядуваного інвестиційного проекту, або зводиться до розв'язування оптимізаційних задач [2—6].

Принципово іншим є стан справ із побудовою нечіткої оцінки для внутрішньої норми доходності (*ВНД*, *Internal Rate of Return* — *IRR*). Особливості розрахункової моделі цього показника зумовлюють труднощі та неоднозначності щодо його визначення в разі нечіткості початкової інформації [7—14].

**Постановка завдання.** Зазначене вище висуває завдання аналізу й розвитку наявних підходів до нечітко-множинного оцінювання показника *IRR*. Це й взято за мету даної роботи.

**Результати.** Внутрішня норма доходності являє собою величину ставки дисконту за якої чиста теперішня вартість (*ЧТВ*, *Net Present Value* — *NPV*) аналізованого інвестиційного проекту дорівнює нулю. Тобто показник *IRR* слід визначати як розв'язок такого рівняння:

$$\sum_{t=0}^T CF_t / (1 + IRR)^t = 0, \quad (1)$$

де  $T$  — кількість періодів (років) проекту;  $CF_t$  — очікуваний грошовий потік за інвестиційним проектом в  $t$ -му періоді (році).

Відразу оговоримо, що подальший теоретичний аналіз обмежується ситуаціями строго спадної залежності між дисконтною ставкою і показником чистої теперішньої вартості для можливих наборів значень грошових потоків розглядуваного інвестиційного проекту в межах нечітких оцінок останніх.

Оцінювання показника *IRR* у разі нечітких початкових даних означає розв'язування набору інтервальних рівнянь, отриманих в результаті розбиття нечітких оцінок грошових потоків на окремі сегменти (інтервали), так звані множини  $\alpha$ -рівня або  $\alpha$ -зрізи [4, 11, 12]:

$$\sum_{t=0}^T \frac{[CF_t^\alpha, \overline{CF}_t^\alpha]}{(1 + [IRR^\alpha, \overline{IRR}^\alpha])^t} = [0, 0], \quad \alpha \in [0, 1], \quad (2)$$

де  $[CF_t^\alpha, \overline{CF}_t^\alpha]$  — інтервал для нечіткої оцінки потоку грошових коштів в  $t$ -му році, що відповідає рівню належності  $\alpha$ ;  $[IRR^\alpha, \overline{IRR}^\alpha]$  — інтервал для нечіткої оцінки показника *IRR*, що відповідає рівню належності  $\alpha$ .

У вигляді співвідношення (2) задачу знаходження нечіткої внутрішньої норми доходності коректно розв'язати не можна, оскільки інтервальні оцінки грошових потоків інвестиційного проекту в межах  $\alpha$ -рівнів зумовлюють інтервальні ж значення чистої теперішньої вартості.

У разі детермінованих дисконтних ставок у межах окремих  $\alpha$ -рівнів друга частина останнього твердження може бути записана у вигляді:

$$\sum_{t=0}^T \frac{[CF_t^\alpha, \overline{CF}_t^\alpha]}{(1+r)^t} = [\underline{NPV}^\alpha, \overline{NPV}^\alpha], \quad \alpha \in [0, 1], \quad (3)$$

де  $r$  — ставка дисконту;  $[\underline{NPV}^\alpha, \overline{NPV}^\alpha]$  — інтервал  $\alpha$ -рівня нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості.

Якщо інтервальний нуль визначати як будь-який інтервал, симетричний відносно нульового значення, тоді ступінь відповідності інтервалів  $\alpha$ -рівня нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості зазначеному інтервальному нулю можна встановлювати таким чином:

$$\eta^\alpha = \begin{cases} 0, & \overline{NPV}^\alpha \leq 0 \\ \min \left\{ \frac{\underline{NPV}^\alpha, \overline{NPV}^\alpha}{\max \left\{ -\underline{NPV}^\alpha, \overline{NPV}^\alpha \right\}} \right\} & \underline{NPV}^\alpha < 0 < \overline{NPV}^\alpha, \quad \alpha \in [0, 1], \\ 0, & \underline{NPV}^\alpha \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

де  $\eta^\alpha$  — ступінь відповідності інтервалу  $[\underline{NPV}^\alpha, \overline{NPV}^\alpha]$  інтервальному нулю.

Показник ступеня відповідності  $\eta^\alpha$  може бути використаний для знаходження проміжних за  $\alpha$ -рівнями нечітких оцінок  $\tilde{IRR}^\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ . Дійсно, в межах деякого фіксованого  $\alpha$ -рівня довільна дисконтна ставка  $r$  на основі виразу (3) задає інтервал  $\alpha$ -рівня нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості, для якого за допомогою співвідношення (4) може бути визначений ступінь його відповідності інтервальному нулю, що цілком природно припускає інтерпретацію як значення функції належності нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності, яка відповідає зафіксованому  $\alpha$ -рівню, тобто  $\mu_{\tilde{IRR}^\alpha}(r) = \eta^\alpha(r)$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , або остаточно:

$$\mu_{\tilde{IRR}^\alpha}(r) = \begin{cases} 0, & \overline{NPV}^\alpha(r) \leq 0 \\ \min \left\{ \frac{\underline{NPV}^\alpha(r), \overline{NPV}^\alpha(r)}{\max \left\{ -\underline{NPV}^\alpha(r), \overline{NPV}^\alpha(r) \right\}} \right\} & \underline{NPV}^\alpha(r) < 0 < \overline{NPV}^\alpha(r), \quad \alpha \in [0, 1], \\ 0, & \underline{NPV}^\alpha(r) \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

де  $\mu_{\tilde{IRR}^\alpha}(r)$  — значення функції належності проміжної  $\alpha$ -рівня нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності, яке відповідає дисконтній ставці  $r$ .

Шукана нечітка оцінка внутрішньої норми доходності може бути визначена шляхом агрегування проміжних за  $\alpha$ -рівнями нечітких оцінок  $\tilde{IRR}^\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , котрі знаходяться за допомогою співвідношення (5).

Грунтуючись на викладеній вище ідеї можна сформулювати відповідний метод знаходження нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності. Послідовність розрахункових процедур у межах пропонованого методу є такою.

1. Здійснюється відтворення проміжних за  $\alpha$ -рівнями нечітких оцінок  $\tilde{IRR}^\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ . Деякий інтервал  $[\underline{IRR}^{\alpha\beta}, \overline{IRR}^{\alpha\beta}]$  у межах нечіткої оцінки  $\tilde{IRR}^\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , який відповідає рівню належності  $\beta$ ,  $\beta \in [0, 1]$ , може бути визначений у такий спосіб.

1.1. Для точної нижньої межі шуканого інтервалу  $\underline{IRR}^{\alpha\beta}$  справедливі співвідношення:

$$\beta = \frac{-NPV^{\alpha}(\underline{IRR}^{\alpha\beta})}{NPV^{\alpha}(\underline{IRR}^{\alpha\beta})}, \quad (6)$$

і

$$\begin{cases} \sum_{t=0}^T \frac{CF_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = NPV^{\alpha} \\ \sum_{t=0}^T \frac{\overline{CF}_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = \overline{NPV}^{\alpha} \end{cases}. \quad (7)$$

Відповідно

$$\begin{cases} \sum_{t=0}^T \frac{CF_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = -\beta \overline{NPV}^{\alpha} \\ \sum_{t=0}^T \frac{\overline{CF}_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = \overline{NPV}^{\alpha} \end{cases}, \quad (8)$$

або

$$\begin{cases} \sum_{t=0}^T \frac{CF_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = -\beta \overline{NPV}^{\alpha} \\ \sum_{t=0}^T \frac{\beta \overline{CF}_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = \beta \overline{NPV}^{\alpha} \end{cases}, \quad (9)$$

звідки показник  $\underline{IRR}^{\alpha\beta}$  може бути знайдений на основі розв'язання рівняння:

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t^{\alpha} + \beta \overline{CF}_t^{\alpha}}{(1 + \underline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = 0. \quad (10)$$

1.2. У результаті аналогічних до попередніх міркувань верхня межа шуканого інтервалу  $\overline{IRR}^{\alpha\beta}$  може бути визначена на основі пошуку розв'язку такого рівняння:

$$\sum_{t=0}^T \frac{\beta CF_t^{\alpha} + \overline{CF}_t^{\alpha}}{(1 + \overline{IRR}^{\alpha\beta})^t} = 0. \quad (11)$$

2. Шляхом агрегування знайдених на попередньому етапі проміжних за  $\alpha$ -рівнями нечітких оцінок  $\tilde{IRR}^{\alpha}$ ,  $\alpha \in [0, 1]$  визначається шукана нечітка оцінка  $\tilde{IRR}$ . Зазначене агрегування слід здійснювати так:

$$\tilde{IRR} = \bigcup_{\beta \in [0,1]} [\underline{IRR}^\beta, \overline{IRR}^\beta], \quad (12)$$

$$\underline{IRR}^\beta = 2 \int_0^1 \alpha \underline{IRR}^{\alpha\beta} d\alpha, \quad \overline{IRR}^\beta = 2 \int_0^1 \alpha \overline{IRR}^{\alpha\beta} d\alpha, \quad \beta \in [0,1]. \quad (13-14)$$

У межах практичних обчислень, що передбачає фіксовану кількість рівнів розбиття нечітких оцінок  $\tilde{NPV}$  і  $\tilde{IRR}$ , тобто  $\alpha$ - та  $\beta$ -рівнів, розглядуване агрегування зводиться до такого:

$$\tilde{IRR} = \bigcup_{j=0}^M [\underline{IRR}^{\beta_j}, \overline{IRR}^{\beta_j}], \quad \beta_j = j/M, \quad (15)$$

$$\underline{IRR}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \times \sum_{i=1}^N \alpha_i \times \underline{IRR}^{\alpha_i \beta_j}, \quad \overline{IRR}^{\beta_j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \times \sum_{i=1}^N \alpha_i \times \overline{IRR}^{\alpha_i \beta_j}, \quad (16-17)$$

$$j = \overline{0, M}, \quad \beta_j = j/M, \quad \alpha_i = i/N.$$

Розглянемо викладений підхід на умовних даних, використавши приклад з роботи [11].

Нехай на підприємстві розглядається привабливість інвестиційного проекту, який має реалізовуватися протягом трьох років. Інвестиційні витрати здійснюються одноразово, їх сума становить 1000 тис. грн. од. Інші потоки коштів за проектом описуються трапецієподібними оцінками. Значення їх ключових елементів (точок) відображено в табл. 1.

Необхідно розрахувати показник внутрішньої норми доходності за допомогою методу на основі посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю.

Таблиця 1

ТРАПЕЦІЄПОДІБНІ ОЦІНКИ РІЧНИХ ПОТОКІВ КОШТІВ  
ЗА ПРОЕКТОМ, тис. грн. од.

Рік реалізації проекту	$\underline{CF}_t^0, t = \overline{0, 3}$	$\underline{CF}_t^1, t = \overline{0, 3}$	$\overline{CF}_t^1, t = \overline{0, 3}$	$\overline{CF}_t^0, t = \overline{0, 3}$
0	-1000	-1000	-1000	-1000
1	1000	1000	2000	2000
2	1500	1600	2000	3000
3	1000	1200	1500	2000

Результати застосування розглядуваного методу репрезентовано в табл. 2.

Таблиця 2

**РЕЗУЛЬТАТИ ЗНАХОДЖЕННЯ НЕЧІТКОЇ  
ВНУТРІШНЬОЇ НОРМИ ДОХОДНОСТІ НА ОСНОВІ ПОСЕГМЕНТНОГО ВІДТВОРЕННЯ  
ЗА ПРИНЦИПОМ ВІДПОВІДНОСТІ ІНТЕРВАЛЬНОМУ НУЛЮ**

$\alpha$	$\underline{IRR}^\alpha$	$\overline{IRR}^\alpha$	$\alpha$	$\underline{IRR}^\alpha$	$\overline{IRR}^\alpha$
0	1,042	1,498	0,6	1,383	1,696
0,1	1,124	1,522	0,7	1,417	1,747
0,2	1,193	1,549	0,8	1,447	1,807
0,3	1,251	1,579	0,9	1,474	1,877
0,4	1,301	1,613	1	1,498	1,963
0,5	1,345	1,652	—	—	—

На рис. 1 зображено графік отриманої нечіткої оцінки  $IRR$ .

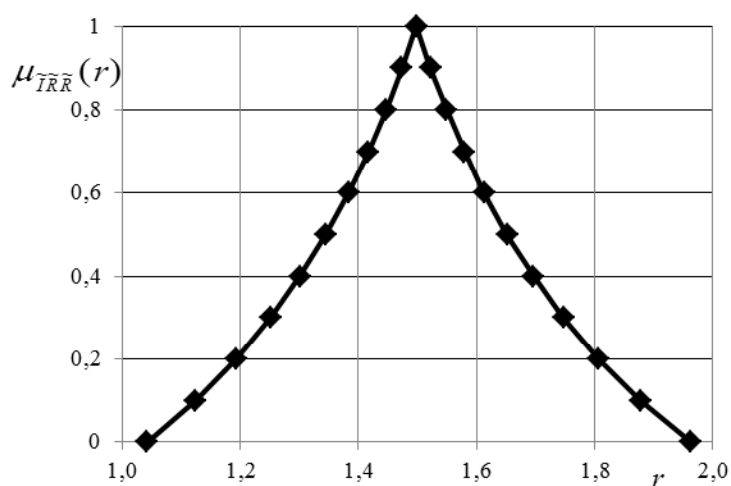


Рис. 1. Нечітка оцінка  $IRR$  на основі посегментного відтворення за принципом відповідності інтервальному нулю

Якщо замість ідеї інтервального нуля звернутися до ідеї нечіткого нуля, то, аналогічно до попереднього, нечітку оцінку внутрішньої норми доходності можна знаходити на основі принципу відповідності нечіткому нулю. При цьому нечіткий нуль слід розуміти як нечітку величину, зрівноважену (збалансовану) відносно нульового значення в сенсі зрівноваженості ступенів можливості реалізації відповідно від'ємних і додатних значень в межах її носія. В такому разі ступінь відповідності деякої нечіткої оцінки чистої теперішньої вартості  $\tilde{NPV}$  зазначеному нечіткому нулю можна встановлювати таким чином:

$$\eta = \begin{cases} 0, & \overline{NPV}^0 \leq 0 \\ \frac{\min\{Poss_{\tilde{NPV}}(NPV < 0), Poss_{\tilde{NPV}}(NPV > 0)\}}{\max\{Poss_{\tilde{NPV}}(NPV < 0), Poss_{\tilde{NPV}}(NPV > 0)\}} & \underline{NPV}^0 < 0 < \overline{NPV}^0, \\ 0, & \underline{NPV}^0 \geq 0 \end{cases} \quad (18)$$

де  $\eta$  — ступінь відповідності нечіткої оцінки  $\tilde{NPV}$  нечіткому нулю;  $\underline{NPV}^0$ ,  $\overline{NPV}^0$  — відповідно точна нижня і точна верхня межа носія нечіткої оцінки  $\tilde{NPV}$ ;  $Poss_{\tilde{NPV}}(NPV < 0)$ ,  $Poss_{\tilde{NPV}}(NPV > 0)$  — ступінь можливості відповідно від'ємного і додатного значення чистої теперішньої вартості в межах нечіткої оцінки  $\tilde{NPV}$ .

Відповідно, виходячи з припущення  $\mu_{\tilde{IRR}}(r) = \eta(r)$  маємо (з урахуванням прийнятої в цій роботі інтерпретації на основі [15, 16]):

$$\mu_{\tilde{IRR}}(r) = \begin{cases} 0, & \overline{NPV}^0(r) \leq 0 \\ \frac{\min\{Poss_{\tilde{NPV}(r)}(NPV < 0), Poss_{\tilde{NPV}(r)}(NPV > 0)\}}{\max\{Poss_{\tilde{NPV}(r)}(NPV < 0), Poss_{\tilde{NPV}(r)}(NPV > 0)\}} & \underline{NPV}^0(r) < 0 < \overline{NPV}^0(r), \\ 0, & \underline{NPV}^0(r) \geq 0 \end{cases} \quad (19)$$

де  $\mu_{\tilde{IRR}}(r)$  — значення функції належності в межах нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності, яке відповідає дисконтній ставці  $r$ .

Міра можливості  $Poss(*)$ , на якій ґрунтуються співвідношення (18, 19), у теорії нечітких множин однозначно не визначається: наявні версії міри можливості на основі інтервального підходу («без» і «з» зважуванням) [3, 4], використовується міра можливості на основі теоретико-ймовірнісної методології [17].

Спираючись на уже викладений принцип можна сформулювати відповідний метод знаходження нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності. Пропонований метод припускає виконання таких розрахункових процедур.

1. На першому кроці визначається точна нижня і точна верхня межа носія нечіткої оцінки  $\tilde{IRR}$ , відповідно  $\underline{IRR}^0$  та  $\overline{IRR}^0$ . Рівняння для знаходження зазначених показників мають вигляд:

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t^\alpha}{(1 + \underline{IRR}^0)^t} = 0, \quad \sum_{t=0}^T \frac{\overline{CF}_t^\alpha}{(1 + \overline{IRR}^0)^t} = 0. \quad (20-21)$$

2. На основі співвідношення (19) здійснюється відтворення функції належності шуканої нечіткої оцінки  $\tilde{IRR}$  у межах її носія.

Практичні обчислення передбачають врахування скінченної кількості значень дисконтної ставки, для яких значення функції належності відмінні від нульового. Доцільно здійснити розбиття носія нечіткої оцінки  $\tilde{IRR}$ , котре ділить його на деяке число  $n$  рівних інтервалів, і, використовуючи співвідношення (19), знайти значення функції належності для кінців інтервалів даного розбиття.

Застосування представленого методу в межах умовної ситуації, що була наведена вище, дозволяє отримати результати, відображені у табл. 3.

Таблиця 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЗНАХОДЖЕННЯ НЕЧІТКОЇ ВНУТРІШНЬОЇ НОРМИ ДОХОДНОСТІ  
ЗА МЕТОДОМ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ ВІДПОВІДНОСТІ НЕЧІТКОМУ НУЛЮ

$r$	$Poss_{\tilde{NPV}(r)}$ ( $NPV < 0$ )	$Poss_{\tilde{NPV}(r)}$ ( $NPV > 0$ )	$\mu_{\tilde{IRR}}(r)$	$r$	$Poss_{\tilde{NPV}(r)}$ ( $NPV < 0$ )	$Poss_{\tilde{NPV}(r)}$ ( $NPV > 0$ )	$\mu_{\tilde{IRR}}(r)$
1,0	0	1	0	1,6	0,576	0,424	0,738
1,1	0,070	0,930	0,076	1,7	0,677	0,323	0,478
1,2	0,171	0,829	0,207	1,8	0,778	0,222	0,286
1,3	0,272	0,728	0,374	1,9	0,878	0,122	0,139
1,4	0,373	0,627	0,596	2,0	0,954	0,046	0,048
1,5	0,474	0,526	0,903	2,1	0,994	0,006	0,006
1,53	0,5	0,5	1	2,16	1	0	0

Рис. 2 демонструє графік нечіткої оцінки  $IRR$  у разі використання методу на основі принципу відповідності нечіткому нулю.

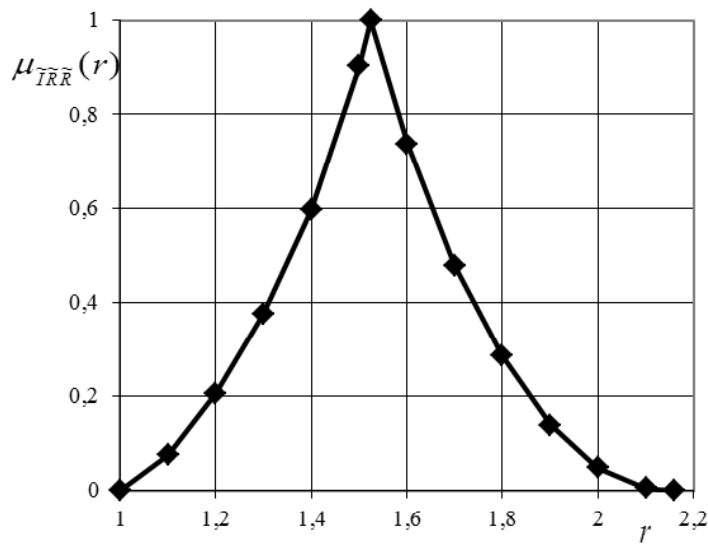


Рис. 2. Нечітка оцінка  $IRR$  згідно з методом на основі принципу відповідності нечіткому нулю

Розглянуті вище методи не вичерпують усіх можливих підходів до побудови нечіткої оцінки показника  $IRR$ . Аналіз іншого, ніж для цих методів, аспекту зв'язку між чистою теперішньою вартістю і внутрішньою нормою доходності дозволяє сформулювати ще один метод.

Як добре відомо в межах аналізу інвестиційного проекту за умов детермінованих даних, у разі строго спадної залежності між дисконтною ставкою і чистою теперішньою вартістю умова додатного значення чистої теперішньої вартості рівнозначна тому, що внутрішня норма доходності більше дисконтної ставки, за якою розраховувався показник чистої теперішньої вартості, тобто

$$NPV(r) > 0 \Leftrightarrow IRR > r. \quad (22)$$



Для ситуації нечітких даних представлена рівносильність двох співвідношень трансформується у рівність ступенів можливості їх реалізації:

$$Poss_{\tilde{NPV}(r)}(NPV > 0) = Poss_{\tilde{IRR}}(IRR > r). \quad (23)$$

Якщо звернутися до теоретико-ймовірнісного варіанта можливості міри, то можна сформулювати метод, у межах якого нечітка оцінка  $IRR$  будується за принципом відтворення розподілу ступенів можливості, котрий фіксується у рівності (23). Схема пропонованого методу є такою.

1. Спочатку на основі рівнянь (20—21) визначається точна нижня і точна верхня межа носія нечіткої оцінки  $IRR$ , відповідно  $\underline{IRR}^0$  та  $\overline{IRR}^0$ .

2. Знайдений на попередньому кроці носій піддається розбиттю, котре ділить його на деяке число  $n$  однакових інтервалів  $[r_{i-1}, r_i]$ ,  $r_i - r_{i-1} = \Delta r$ ,  $i = \overline{1, n}$ . За кожною дисконтною ставкою, котра є кінцем одного з інтервалів даного розбиття, окрім  $r_0$  і  $r_n$ , визначається нечітка оцінка чистої теперішньої вартості і розраховується ступінь можливості додатного значення в її межах:  $Poss_{\tilde{NPV}(r_i)}(NPV > 0)$ ,  $i = \overline{1, n-1}$ . Що ж до ставок  $r_0$  і  $r_n$ , то оскільки за принципом їх формування  $r_0 = \underline{IRR}^0$  і  $r_n = \overline{IRR}^0$ , для них має виконуватися:  $Poss_{\tilde{NPV}(r_0)}(NPV > 0) = 1$ ,  $Poss_{\tilde{NPV}(r_n)}(NPV > 0) = 0$ .

3. Розраховуються прирости ступеня можливості додатного значення чистої теперішньої вартості в результаті покрокового, на величину  $\Delta r$ , збільшення дисконтної ставки від  $r_0$  до  $r_n$ :

$$\Delta Poss_{\tilde{NPV}(r_{i-1}, r_i)} = Poss_{\tilde{NPV}(r_{i-1})}(NPV > 0) - Poss_{\tilde{NPV}(r_i)}(NPV > 0), \quad i = \overline{1, n}. \quad (24)$$

4. Визначається максимальний приріст ступеня можливості додатної чистої теперішньої вартості  $M = \max\{\Delta Poss_{\tilde{NPV}(r_{i-1}, r_i)} \mid i = \overline{1, n}\}$ . Дисконтним ставкам інтервалу розбиття носія нечіткої оцінки  $IRR$ , для якого має місце цей максимальний приріст, присвоюється значення функції належності, рівне 1. Відповідно, можна розрахувати площу  $S_M$  частини шуканої нечіткої оцінки, котра знаходиться в межах зазначеного інтервалу:

$$S_M = \Delta r \times 1 = \Delta r. \quad (25)$$

Тепер можна знайти площу  $S_{\tilde{IRR}}$  всієї нечіткої оцінки  $IRR$ :

$$S_{\tilde{IRR}} = \frac{S_M}{M} = \frac{\Delta r}{M}. \quad (26)$$

5. Визначаються площі частин шуканої нечіткої оцінки  $IRR$  у межах окремих інтервалів розбиття її носія:

$$S_{\tilde{IRR}}(r_{i-1}, r_i) = S_{\tilde{IRR}} \times \Delta Poss_{\tilde{NPV}(r_{i-1}, r_i)}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (27)$$

де  $S_{\tilde{IRR}}(r_{i-1}, r_i)$  — площа частини нечіткої оцінки  $IRR$ , що відповідає інтервалу  $[r_{i-1}, r_i]$  розбиття її носія.

6. Здійснюється відтворення значень функції належності  $\mu_{\tilde{IRR}}$  шуканої нечіткої оцінки  $IRR$  :

$$\mu_{\tilde{IRR}}(r) = \begin{cases} \left[ 0, \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_0, r_1)}{\Delta r} \right], & r_0 \\ \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_0, r_1)}{\Delta r}, & r_0 < r < r_1 \\ \dots \\ \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_{i-1}, r_i)}{\Delta r}, & r_{i-1} < r < r_i \\ \left[ \min \left\{ \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_{i-1}, r_i)}{\Delta r}, \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_i, r_{i+1})}{\Delta r} \right\}, \max \left\{ \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_{i-1}, r_i)}{\Delta r}, \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_i, r_{i+1})}{\Delta r} \right\} \right], & r_i \\ \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_i, r_{i+1})}{\Delta r}, & r_i < r < r_{i+1} \\ \dots \\ \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_{n-1}, r_n)}{\Delta r}, & r_{n-1} < r < r_n \\ \left[ 0, \frac{S_{\tilde{IRR}}(r_{n-1}, r_n)}{\Delta r} \right], & r_n \end{cases} \quad (28)$$

Дані табл. 4 відображають результати апробації методу знаходження нечіткої оцінки  $IRR$  на основі відтворення розподілу ступенів можливості для розглядуваного в роботі умовного інвестиційного проекту.

На рис. 3 показано графік отриманої нечіткої оцінки показника  $IRR$  .

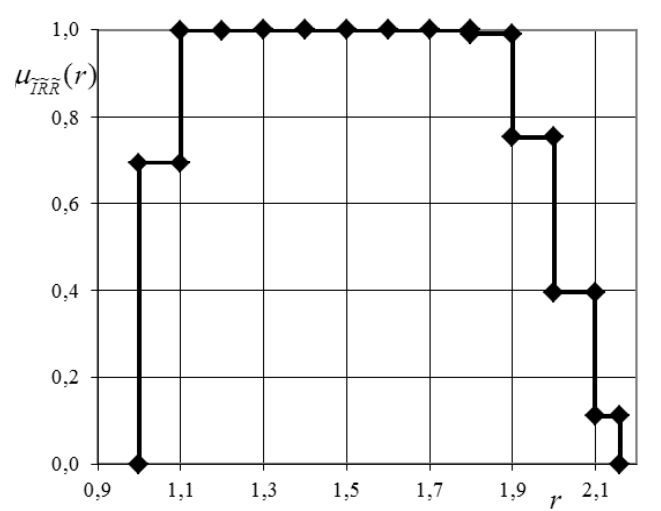


Рис. 3. Нечітка оцінка  $IRR$  за методом на основі відтворення розподілу ступенів можливості

Таблиця 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЗНАХОДЖЕННЯ НЕЧІТКОЇ ВНУТРІШНЬОЇ НОРМИ ДОХОДНОСТІ ЗА МЕТОДОМ  
НА ОСНОВІ ВІДТВОРЕННЯ РОЗПОДІЛУ СТУПЕНІВ МОЖЛИВОСТІ

$r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i),$ $i = \overline{1, n}$	$\Delta Pos_{\overline{NPF}}(r_{i-1}, r_i),$ $i = \overline{1, n}$	$\mu_{\overline{TRR}}(r),$ $r \in \{r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i)   i = \overline{1, n}\}$	$r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i),$ $i = \overline{1, n}$	$\Delta Pos_{\overline{NPF}}(r_{i-1}, r_i),$ $i = \overline{1, n}$	$\mu_{\overline{TRR}}(r),$ $r \in \{r_0, r_i, (r_{i-1}, r_i)   i = \overline{1, n}\}$
1	—	[0,000, 0,695]	(1,6, 1,7)	0,101	1,000
(1, 1,1)	0,070	0,695	1,7	—	1,000
1,1	—	[0,695, 0,998]	(1,7, 1,8)	0,101	1,000
(1,1, 1,2)	0,101	0,998	1,8	—	[0,991, 1,000]
1,2	—	[0,998, 0,999]	(1,8, 1,9)	0,100	0,991
(1,2, 1,3)	0,101	0,999	1,9	—	[0,755, 0,991]
1,3	—	0,999	(1,9, 2,0)	0,076	0,755
(1,3, 1,4)	0,101	0,999	2,0	—	[0,397, 0,755]
1,4	—	[0,999, 1,000]	(2,0, 2,1)	0,040	0,397
(1,4, 1,5)	0,101	1,000	2,1	—	[0,111, 0,397]
1,5	—	1,000	(2,1, 2,16)	0,006	0,111
(1,5, 1,6)	0,101	1,000	2,16	—	[0,000, 0,111]
1,6	—	1,000	—	—	—

Недоліком представленого вище підходу є те, що його застосування обмежене теоретико-ймовірнісним варіантом можливісної міри. Поряд із знаходженням показника  $IRR$  у вигляді нечіткої величини на основі умови (23) можна здійснити оцінювання останнього у формі функції розподілу ступенів можливості, побудованої аналогічно до функції розподілу випадкової величини в теорії ймовірностей. У цьому разі обмеження щодо допустимих мір можливості природним чином виявляється відсутнім. Відповідно до зазначеного функція розподілу ступенів можливості для показника  $IRR$  у ситуації нечітких початкових даних має вигляд:

$$F_{IRR}(r) = Poss_{\tilde{IRR}}(IRR \leq r), \quad (29)$$

при цьому

$$Poss_{\tilde{IRR}}(IRR \leq r) = Poss_{\tilde{NPV}(r)}(NPV \leq 0). \quad (30)$$

Табл. 5 репрезентує результати оцінювання внутрішньої норми доходності за допомогою функції розподілу ступенів можливості для різних варіантів вимірювання останньої в межах умовного інвестиційного проекту, запропонованого в публікації.

Таблиця 5

**РЕЗУЛЬТАТИ ЗНАХОДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ НОРМИ ДОХОДНОСТІ  
НА ОСНОВІ ФУНКЦІЇ РОЗПОДІЛУ СТУПЕНІВ МОЖЛИВОСТІ  
ДЛЯ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ МОЖЛИВІСНОЇ МІРИ**

$r$	Значення функції розподілу ступенів можливості $F_{IRR}(r)$		
	для можливісної міри на основі теоретико-ймовірнісної методології	для можливісної міри на основі інтервальної методології	для можливісної міри на основі інтервального підходу із зважуванням
[0,01, 0]	0	0	0
1,1	0,069	0,068	0,063
1,2	0,172	0,173	0,175
1,3	0,275	0,277	0,286
1,4	0,378	0,381	0,396
1,5	0,481	0,485	0,506
1,6	0,584	0,589	0,614
1,7	0,686	0,692	0,723
1,8	0,789	0,796	0,830
1,9	0,889	0,896	0,933
2,0	0,961	0,965	0,985
2,1	0,997	0,997	1,000
[2,2, 2,5]	1	1	1

Аналіз відомостей табл. 5 дозволяє констатувати дуже високий ступінь взаємної близькості одержаних функцій, що окрім внутрішнього зв'язку між альтернативними можливісними мірами, зумовлене особливостями початкових даних розглядуваного прикладу.

**Висновки.** Відображена в проведеному дослідженні варіативність у знаходженні нечіткої оцінки внутрішньої норми доходності інвестиційного проекту є передусім наслідком методологічної незамкненості математичного апарату на основі концепції нечітких множин. Зазначене висуває вимогу під час розроблення нечітко-множинного інструментарію для конкретної задачі економіки підприємства залучати з цією метою якомога більш широкий спектр відповідних засобів нечітко-множинної методології, з наступним аналізом і здійсненням коректив на предмет узгодженості отримуваних результатів у межах застосування альтернативних підходів.

Слід також зауважити, що перспективним напрямом подальших наукових пошуків за порушеною в публікації проблематикою є створення цілісної методології комплексного оцінювання економічної привабливості реальних інвестицій в ситуації нечітких початкових даних.

### Література

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zadeh // Information and Control. — 1965. — Vol. 8. — P. 338—353.
2. Kuchta D. Fuzzy Capital Budgeting / D. Kuchta // Fuzzy Sets and Systems. — 2000. — № 111. — P. 367—385.
3. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А.О. Недосекин. — СПб.: Типография «Сезам», 2002. — 181 с.
4. 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.
5. Corazza M. Fuzzy interval net present value / M. Corazza, S. Giove // Working Paper, November, 2008. — Department of Applied Mathematics, University of Venice, 2008. — № 170. — 10 p.
6. Nosratpour M. Fuzzy net present value for engineering analysis / Nosratpour M., Nazerib A., Meftahi H. // Management Science Letters. — 2012. — Vol. 2. — P. 2153—2158.
7. Biacino L. The internal rate of return of fuzzy cash flows / L. Biacino, M.R. Simonelli // Stochastica. — 1992. — XIII-1. — P.13—22.
8. Carlsson C. On Fuzzy Internal Rate of Return / C. Carlsson, R. Fuller // TUCS Technical Report, November, 1998. — TUCS Research Group, Institute for Advanced Management Systems Research, 1998. — № 211. — 11 p.
9. Carlsson C. Capital budgeting problems with fuzzy cash flows / C. Carlsson, R. Fuller // Mathware and Soft Computing. — 1999. — № 6. — P. 81—89.
10. Multiple fuzzy IRR in the financial decision environment / [Gonzalez S.F., Flores R.J., Flores R.B., Mendoza R.J.]. // Fuzzy Sets in Management, Economy and Marketing / Ed. By C. Zopounidis and oth. — World Scientific Pub Co, 2001. — P. 223-237.
11. Dimova L. On the Fuzzy Internal Rate of Return [Online] / Dimova L., Sevastjanov P., Sevastjanov D. // Chenstohova Tech. University Proceedings, 2001. — Available at: [http://sedok.narod.ru/s\\_files/poland/FuzzyIRR2.zip](http://sedok.narod.ru/s_files/poland/FuzzyIRR2.zip).
12. Dimova L. Fuzzy Capital Budgeting: Investment Project Valuation and Optimization [Online] / Dimova L., Sevastianov P., Sevastianov D. // Chenstohova Tech. University Proceedings, 2003. — Available at: [http://sedok.narod.ru/s\\_files/poland/DimSevSev2003.doc](http://sedok.narod.ru/s_files/poland/DimSevSev2003.doc).
13. An interpretation for the internal rate of return through fuzzy calculation [Online] / [Banholzer I.E.G., Sanches A.L., Pamplona E.O., Montevechi J.A.B.]. — Available at: <http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/ArtIgorSIGEF.pdf>.
14. Guerra M.L. Interval and fuzzy Average Internal Rate of Return for investment appraisal [Online] / Guerra M.L., Magni C.A., Stefanini L. — Available at: <http://ssrn.com/abstract=2080250>.

15. 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.
16. Коцюба О.С. Діагностика привабливості реальних інвестицій за використання нечітко-множинних описів / О.С. Коцюба // Стратегія економічного розвитку України: Наук. зб. — Вип. 20-21 / Голов. ред. А.П. Наливайко. — К.: КНЕУ, 2007. — С. 56—67.
17. Luban F. Fuzzy model for risk analysis / F. Luban // Journal of Industrial Engineering International. — 2007, July. — Vol. 3, № 5. — P. 19—26.

Стаття надійшла до редакції 26.11.2013

УДК 005.52:004.942

**Гордієнко І.В.**, к. е. н.,  
доцент кафедри інформаційних систем в економіці,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

### **БІЗНЕС-АНАЛІЗ ПІДПРИЄМСТВА: СТРУКТУРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЗАСОБАМИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

**Анотація.** У статті досліджено можливості підтримки стандартних галузей знань і методів бізнес-аналізу засобами функціонального моделювання. Обґрунтовано доцільність застосування інструментів пакету AllFusion Process Modeler для структурування інформації на різних етапах бізнес-аналізу підприємства.

**Ключові слова:** бізнес-аналіз; аналіз вимог; бізнес-процес; функціональне моделювання.

**Вступ.** Ефективне управління сучасними підприємствами потребує постійного аналізу існуючого стану бізнесу і пошуку шляхів його удосконалення. Процес реінжинірингу бізнес-процесів, оптимізації функціональної та організаційної структури підприємства може здійснюватись як безпосередньо для підвищення якості і результативності бізнесу, так і з метою подальшої автоматизації процесів управління і створення автоматизованої інформаційної системи підприємства. Відповідно розрізняють підходи до аналізу стану підприємства: бізнес-аналіз (консалтинг) і системний аналіз. Завданнями бізнес-аналізу є дослідження і опис бізнесу, а також фіксація вимог безпосередньо від замовника; результатом бізнес-аналізу є нові організаційно-функціональні рішення, спрямовані на оптимізацію бізнесу. Системний аналіз передбачає подальше перетворення результатів бізнес-аналізу на формалізовані вимоги до інформаційної системи, опис її функціональних модулів, потоків даних і т. ін.

Результати оптимізації бізнесу і наступної автоматизації управлінських бізнес-процесів багато в чому залежать від знань і досвіду аналітика, його вміння швидко оволодіти особливостями предметної області, методик отримання інформації від експертів з предметної області і від замовників стосовно їхніх потреб і побажань, вміння відокремити необхідні для оптимізації бізнесу вимоги від другорядних і несуттєвих і т. ін.

У зв'язку з цим є актуальними і потребують дослідження проблеми вибору методів бізнес-аналізу; структурування, документування і вивчення отриманої в