

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА В СУДОРЕМОНТНОЙ СФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

В работе использовалась методология нечётких множеств при анализе эффективности инвестиционных проектов. Проведён расчёт интервалов допустимых значений NPV.

Ключевые слова: инвестиционный проект, эффективность инвестиционного проекта, нечёткие множества.

Современный финансово-аналитический инструментарий оценки эффективности вложений капитала удачно дополняется возможностями теории нечётких множеств. Комплексное сочетание аналитических показателей, которые общеприняты и хорошо известны, дополняется расчётами, разработанными в последнее время с применением размытости границ допустимых значений показателей эффективности [1, 2, 3]. Реальная экономическая ситуация постоянно меняется и развитие событий в инвестиционной политике подвержено различным рискам. Практические навыки для правильного принятия решения инвестиционного проектирования предполагают от исследователя высокий интеллектуальный уровень и использование математических методов и приёмов при выборе из различных проектов самый оптимальный в условиях неопределённости и определённости [4; 5; 6].

Известно, что анализ инвестиционных проектов современного бизнеса основан на финансовом подходе. Целесообразность принятия того или иного инвестиционного проекта требует многофакторного учета показателей, среди которых выделяются объем финансовых ресурсов, источники финансирования и цена их услуг. Базой инвестиционного проектирования предполагается вложение доходной части прибыли в различные компании, фонды, кредиты [7]. Сочетание различных подходов (финансовых, информационных и математических) при разработке инвестиционных проектов позволяют комплексно решать проблему оценки эффективности и риска инвестиционного проекта. В современной научной литературе хорошо зарекомендовал себя

математический аппарат нечетких множеств, который находит широкое использование при решении прикладных многоплановых экономических задач, в том числе и инвестиционного проектирования. Теория нечётких множеств описана в различных источниках на различных математических уровнях [8, 9, 10]. Её применение для решения проблем инвестирования также широко представлено в научной литературе. В данной работе используется аппарат теории нечётких множеств для расчёта интервала основного показателя инвестиционных проектов в судоремонтной сфере.

Оценка параметров инвестиционного проекта нечетко-множественной методологией описана достаточно подробно в многочисленных статьях. В данной работе описанная методология применяется в конкретной экономической сфере [11; 12].

Инвестиционный анализ базируется на формуле чистой приведенной стоимости инвестиций (NPV). Существуют различные частные случаи её использования. В частности, рассматриваются поступления инвестиций в начале периода, а также по истечении срока исполнения проекта производится ликвидационная оценка стоимости. В этом случае используемое соотношение для расчёта NPV имеет вид:

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_i}{(1+r_i)^i} + \frac{C}{(1+r_{N+1})^{N+1}}, \quad (1)$$

где I – первоначальная величина вложений; N – число предполагаемых интервалов инвестиционного процесса; ΔV_i – оборотное сальдо поступлений и платежей в i -ом периоде; r_i – ставка дискон-

* © Трусова Алла Юрьевна (a_yu_ssu@mail.ru), Ильина Алла Ивановна (a_yu_ssu@mail.ru), кафедра математики и бизнес-информатики, Самарский университет, 443086, Российская Федерация, Самара, Московское шоссе, 34.

тирования, выбранная для i -го периода с учетом оценок ожидаемой стоимости используемого в проекте капитала; C – ликвидационная стоимость чистых активов (в том числе остаточная стоимость основных средств на балансе предприятия).

Все параметры в (1) характеризуются "размытостью", т. е. их точное значение неизвестно. В этом случае в качестве исходных данных имеет смысл использовать нечеткие числа с функцией принадлежности треугольного вида. Исходной информацией при изучении параметров инвестиционного проекта являются интервалы параметров $[a_{min}, a_{max}]$ и наиболее ожидаемое значение \bar{a} . Таким образом задается соответствующее параметру a треугольное число $\underline{A}=(a_{min}, \bar{a}, a_{max})$. Параметры $(a_{min}, \bar{a}, a_{max})$ называются значимыми точками треугольного нечеткого числа \underline{A} . В табл. 1 представлен набор нечетких чисел для анализа эффективности проекта.

Таким образом, сформулированная задача при инвестировании есть процесс принятия решения в расплывчатых или нечетких условиях.

В работе используется адаптированная сегментным способом формула (1) для нечетких исходных данных. Отрезок параметров NPV имеет вид для заданного уровня принадлежности α :

$$\mu_{[NPV]_1, [NPV]_2} = -(-)^{I_1 I_2} \left(\sum_{t=1}^N \frac{\Delta V_{t1}}{(1+r_{t2})^t} - \frac{\Delta V_{t2}}{(1+r_{t1})^t} \right) \quad (2)$$

Теория нечетких множеств позволяет провести оценку риска неэффективности проекта. Пусть NPV_{min} и NPV_{max} – два значения обратной функции $\mu_{NPV-1}(0)$, \bar{NPV} – наиболее ожидаемое значение. Выражение для степени инвестиционного риска V&M имеет вид:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, \text{ при } G < NPV_{min}; \\ R \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1-\alpha_1) \right); \\ NPV_{min} \leq G < \bar{NPV}; \\ 1 - (1-R) \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1-\alpha_1) \right); \\ \bar{NPV} \leq G < NPV_{max}; \\ 1, G \geq NPV_{max} \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{где } R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}}, & G < NPV_{max}, \\ 1, & G \geq NPV_{max} \end{cases} \quad (4)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, G < NPV_{min}, \\ \frac{G - NPV_{min}}{NPV - NPV_{min}}, \\ NPV_{min} \leq G < \bar{NPV}; \\ 1, G = \bar{NPV}, \\ \frac{NPV_{max} - G}{NPV_{max} - \bar{NPV}}, \\ \bar{NPV} < G < NPV_{max}; \\ 0, G \geq NPV_{max}. \end{cases} \quad (5)$$

Степень риска V&M принимает значения от 0 до 1. Инвестор может классифицировать значения V&M, и выделить для себя отрезок неприемлемых значений риска.

Исследуем параметры инвестиционных вложений судоремонтной компании ООО «Технофлот» в развитие материально-технической базы данной компании. В табл. 2 представлены исходные данные инвестиционного проекта 1 о вложении инвестиций в другие компании. В таблице представлены данные о денежных потоках, возмещенных инвестициях с процентной ставкой $r=10\%$. Данные представлены включая 6 последовательных периодов.

В табл. 3 представлены данные о платежах с различными процентными ставками для шести аналогичных периодов.

В табл. 4 представлены данные анализируемого проекта.

Критерием эффективности является неотрицательное значение NPV . Результаты расчетов для уровней принадлежности $\alpha \in [0,1]$ с шагом 0.0125 приведены в табл. 5.

В табл. 6 приведены результаты дальнейших расчетов.

Аппроксимация функции μ_{NPV} имеет вид:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, \text{ при } x < 29.78; \\ \frac{x + 29.78}{32.527 + 29.78}, \text{ при } 29.78 \leq x < 32.527; \\ \frac{34.243 - x}{34.243 - 32.527}, \text{ при } 32.527 < x \leq 34.243; \\ 0, \text{ при } x > 34.243. \end{cases} \quad (6)$$

Данное соотношение свидетельствует о близости этой функции к треугольному виду. Согласно полученным значениям, проводились дальнейшие расчёты.

Таблица 1

Набор нечетких чисел для анализа эффективности проекта

| | | |
|--|--------------------------|---|
| Показатель | Обозначение | Вид треугольного числа |
| Объем инвестиционных ресурсов | \underline{I} | $(I_{min}, \bar{I}, I_{max})$ |
| Стоимость капитала | \underline{r}_i | $(r_{i_{min}}, \bar{r}_i, r_{i_{max}})$ |
| Прогнозный интервал реализации проекта | $\underline{\Delta V}_i$ | $(V_{min}, \bar{\Delta V}_i, V_{max})$ |
| Условия возможной продажи проекта или его ликвидации | \underline{C} | $(C_{min}, \bar{C}, C_{max})$ |
| Критерий эффективности | \underline{G} | $(G_{min}, \bar{G}, G_{max})$ |

Таблица 2

Исходные данные

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| Инвестпроект 1 | | | | | | | |
| t | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Денежные потоки | -66 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Возмещение инвестиций | | -43 | -20 | 3 | 26 | 49 | 72 |
| Процентная ставка | 10% | | | | | | |

Таблица 3

Расчет NPV

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Процентная ставка | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | NPV |
| 10,00% | -66 | 20,90 | 19,00 | 17,28 | 15,70 | 14,28 | 12,98 | 34,17 |

Таблица 4

| | |
|------------------------|------------------------|
| Показатель | Вид треугольного числа |
| \underline{I} | (100,200,300) |
| \underline{r} | (0.05, 0.1, 0.15) |
| $\underline{\Delta V}$ | (0, 1, 2) |
| \underline{C} | (0, 0, 0) |
| \underline{G} | (0,0,0) |
| N | 6 |

Таблица 5

Данные об эффективности проекта

| | | | |
|----------|---|--------------|------------------|
| α | Интервал достоверности по уровню принадлежности для | | |
| | r | ΔV | NPV |
| 1 | [0.05, 0.1] | [1, 1] | [32.527, 32.527] |
| 0,75 | [0.0625, 0.1125] | [0.75, 1.25] | [32,112, 33.068] |
| 0,5 | [0.075, 0.125] | [0.5, 1.5] | [30.28, 33.44] |
| 0,25 | [0.0875, 0.1375] | [0.25, 1.75] | [30.06, 33.764] |
| 0 | [0.1, 0.15] | [0, 2] | [29.78, 34.243] |

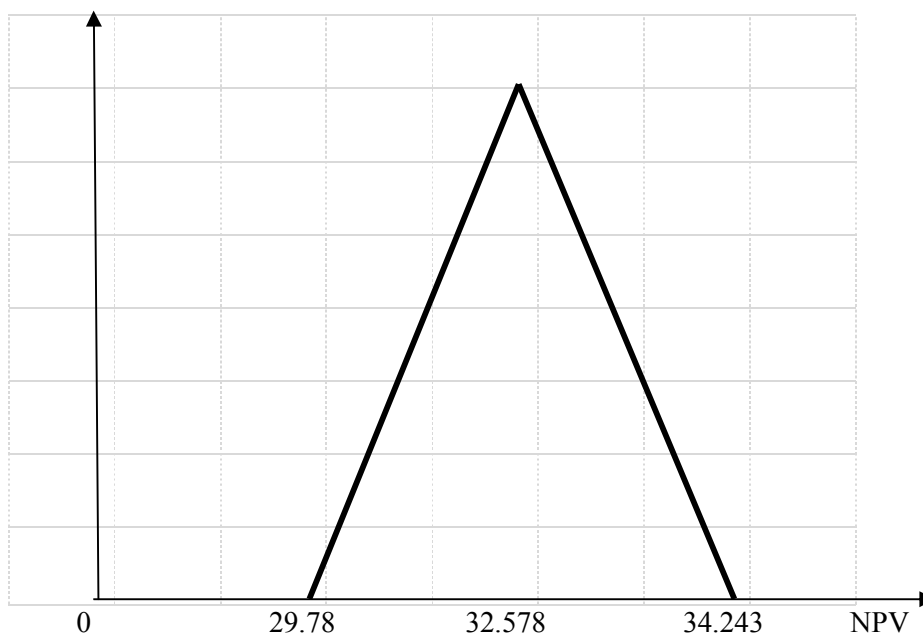


Рис. 1. Треугольный вид приведенной функции принадлежности

Таблица 6

Продолжение расчетов эффективности проекта

| α | Интервал достоверности по уровню принадлежности для | | |
|----------|---|--------------|------------------|
| | r | ΔV | NPV |
| 1 | [0.05, 0.1] | [1, 1] | [32.527, 32.527] |
| 0,75 | [0.0625, 0.1125] | [0.75, 1.25] | [31.912, 32.727] |
| 0,5 | [0.075, 0.125] | [0.5, 1.5] | [31.262, 33.327] |
| 0,25 | [0.0875, 0.1375] | [0.25, 1.75] | [30.867, 33.561] |
| 0 | [0.1, 0.15] | [0, 2] | [30.164, 33.135] |

По результатам первого периода зафиксировано обратное сальдо $\Delta V_1=100$ при фактически измеренной ставке дисконтирования $r_1 = 0.15$. Тогда перерасчет интервальной оценки NPV дает:

$$[NPV_1, \mathbb{I}NPV]_{1,2} = [30,164 + \frac{\Delta V_{21}}{(1+r_{22})^2}, 30,164 + \frac{\Delta V_{22}}{(1+r_{21})^2}]. \quad (7)$$

Приведение NPV к треугольному виду дает:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < -0.167; \\ \frac{x + 0.167}{0.527 + 0.167}, & \text{при } -0.167 \leq x < 0.527; \\ \frac{1.489 - x}{1.489 - 0.527}, & \text{при } 0.527 < x \leq 1.489; \\ 0, & \text{при } x > 1.489. \end{cases} \quad (8)$$

Таким образом, снижение уровня неопределенности приводит к снижению степени риска. Следовательно, инвестор способен более качественно контролировать эффективность инвестиционного проекта.

Библиографический список

1. Анисимова В.Ю. Развитие промышленных комплексов России в условиях вызовов XXI века: монография / Агаева Л.К., Анисимова В.Ю., Безлепкина Н.В., Васяйчева В.А., Манукян М.М., Арисова М.Б., Кононова Е.Н., Тюкавкин И.Н., Тюкавкин Н.М., Скорниченко Н.Н., Подборнова Е.С., Прыткова Н.И., Курносова Е.А., Оруч Т.А., Мельников М.А., Невзоров О.Ю., Мокина Л.С., Гоман И.В., Гоман К.И., Гарькина Н.Г. и др. Самара, 2015

2. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. «Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика». М.: Дело, 2004. 888 с.
3. Ковалев В.В. Гл. 10. Инвестиции: учебник для бакалавров. М., 2014. С. 282-308.
4. Недосекин А.О. «Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы». СПб., 2004.
5. Никишов В.Н. Финансовое инвестирование: учебное пособие. Самара, 2014.
6. Орлов А.И. Теория принятия решений. учебное пособие. М.: Экзамен, 2005. 656 с.
7. Рыжков А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений. М.^ Диалог-МГУ, 1998.
8. Сараев А.Л., Сараев Л.А. К расчету эффективных параметров оптимизации производства с микроструктурой // Вестник Самарского государственного университета. Самара, 2012. № 1 (92). С. 231 – 236.
9. Сараев А.Л., Сараев Л.А. Модель оптимизации прибыли предприятия, учитывающая сверхпропорциональные производственные и транзакционные затраты // Вестник Самарского государственного университета. Самара, 2013. № 10 (111). С. 230 – 237.
10. Сараев А.Л., Сараев Л.А. Прогнозирование эффективных характеристик затрат неоднородного производства // Вестник Самарского государственного университета. 2012. № 4 (95). С. 109–114.
11. Трусова А.Ю., Ильина А.И. Инвестиционные проекты в судоремонтной сфере // Математика, экономика и управление. 2015. Т. 1. № 3. С. 66-73.
12. Тюкавкин Н.М. Формирование системы оценки инновационной деятельности и условий эффективного управления промышленным предприятием // Вестник Самарского муниципального института управления. 2015. № 4. С. 49-57.
- V.Yu., Bezlepkina N.V. Vasaycheva V.A., Manukyan M.M., Arisova M.B., Kononova E.N., Tyukavkin I.N., Tyukavkin N.M. Kornichenko, N.N., Podbornoe E.S., Prytkova N.I. Kurnosova E.A., Oruch T.A., Melnikov M.A., Nevzorov O.Yu., Mokina L.S., Goman V.I., Goman, K.I., Garkina N.G. etc. Samara, 2015
2. Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. Assessment of efficiency of investment projects. Theory and practice". М.: Delo, 2004. 888 p.
3. Kovalev V.V. G 10. Investments: Textbook for bachelors. Moscow, 2014. P. 282-308.
4. The Nedosekin A.O. Assessing the risk of investment at the NPV random fuzzy shapes. SPb., 2004.
5. Nikishov V.N. Financial investing: a Training manual. Samara, 2014.
6. Orlov A.I. Theory of decision-making. Tutorial. М.: Publishing House "Examination", 2005. 656 p.
7. Ryzhkov A.P. Elements of the theory of fuzzy sets and its applications. М.: Dialog-MGU, 1998.
8. Saraev A. L., Saraev L.A., Calculation of the effective parameters of production optimization with microstructure // Vestnik of Samara state University. Samara, 2012. № 1 (92). P. 231– 236.
9. Saraev A.L., Saraev L.A. The optimization Model the profits of the enterprise, taking into account overproportionally production and transaction costs // Vestnik of Samara state University. Samara, 2013. № 10 (111). P. 230–237.
10. Saraev A.L., Saraev L.A., Prediction of effective characteristics of heterogeneous costs of production // Vestnik of Samara state University. 2012. № 4 (95). P. 109-114.
11. Trusova A.Yu., Ilyina A.I. Investment projects in the sphere of ship repair// Mathematics, Economics and management. 2015. Т. 1. № 3. P. 66-73.
12. Tyukavkin N.M. Formation of a system of evaluation of innovation activities and conditions of effective management of industrial enterprise. The Bulletin of Samara municipal Institute of management. 2015. № 4. P. 49-57.

References

1. Anisimova V.Yu. The Development of industrial complexes of Russia in the context of the challenges of the XXI century: monograph / Agayeva L.K., Anisimova

*A.Yu. Trusova, A.I. Ilyina**

ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECT IN THE FIELD OF SHIP REPAIR USING FUZZY SETS

We used the methodology of fuzzy sets in the analysis of efficiency of investment projects. The calculation of the intervals of admissible values of NPV.

Key words: investment project, efficiency of the investment project, fuzzy sets.

* Trusova Alla Yuryevna (a_yu_ssu@mail.ru), Ilyina Alla Ivanovna (a_yu_ssu@mail.ru) Department of Mathematics and Business Informatics, Samara University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.