



Метод комплексной оценки инвестиционных проектов в строительстве на основе нечеткой логики

Е.А. Жолобова, О.А. Жолобова, А.В. Гинеева, Я.И. Шаповаленко, А.В. Бакулин

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье обоснована необходимость разработки метода комплексной оценки инвестиционных проектов в строительстве. Доказана необходимость учета внутренних и внешних факторов, их важности и тенденции, а также инерционности проявления факторов. Метод рекомендован к использованию при комплексной оценке разрабатываемых и уже реализованных в строительстве инвестиционных проектов.

Ключевые слова: инвестиционный проект, комплексная оценка, эффективность, многокритериальная оптимизация, нечеткая логика, строительство.

Эффективность инвестиционного проекта в строительстве традиционно характеризуется системой показателей коммерческой, бюджетной, экономической, социальной и иной эффективности, отражающих соотношение затрат на его реализацию и получаемых результатов применительно к интересам инвестора и его партнеров [1]. Причем, значения каждого из этих показателей напрямую зависят не только от принятых в проекте конструктивно-технологических решений [2, 3], но и от условий строительства [4, 5]. Однако методов, позволяющих комплексно оценивать эффективность инвестиционных проектов с учетом совокупности указанных показателей в нашей стране и за рубежом, пока не создано.

Проблема комплексной оценки эффективности таких проектов заключается в плохой сопоставимости, разрозненности и в противоречивости информации о разрабатываемых и уже реализованных инвестиционных проектах, а также в необходимости учета группы факторов, влияющих на оценку инвестиционных проектов, тем более, что характер проявления многих факторов является малоизученным и трудно предсказуемым особенно в условиях реконструкции и ремонта зданий и сооружений.



Известно, что на результат комплексной оценки эффективности всякого инвестиционного проекта оказывают влияние внутренние и внешние факторы [6, 7].

Внутренними эти факторы названы потому, что они относятся непосредственно к оцениваемому объекту, то есть к готовой строительной продукции. При комплексной оценке эффективности инвестиционного проекта они становятся целевыми для лица, принимающего решение (далее ЛПР).

Внешние факторы учитывают только проявления внешней среды, то есть возможные условия проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации объектов строительства. Эти факторы проявляются непостоянно. Для ЛПР внешние факторы являются ограничивающими, так как они ограничивают область применения проекта.

Любой из указанных факторов может быть представлен совокупностью параметров, т.е. показателей, которые характеризуют какое-либо свойство фактора и поэтому могут быть использованы как его локальные критерии при комплексной оценке эффективности инвестиционного проекта.

Оценивая комплексно эффективность инвестиционных проектов в строительстве, следует учитывать неоднородность локальных критериев, которая устраняется приведением их значений к безразмерному виду посредством нормализации.

Для нормализации значений локальных критериев, величина которых правильна лишь частично, применима теория нечетких множеств. С ее помощью можно на базе одной связанной функции принадлежности найти нечеткое решение.

Понятие нечеткого множества было предложено Р. Беллманом и Л. Заде [8, 9]. Нечеткое множество $A = \{a\}$ в множестве $X = \{x\}$ характеризуется

функцией принадлежности $\mu_A \in [0, 1]$, которая каждому элементу x множества X ставит в соответствие число $\mu_A(x)$ из отрезка $[0, 1]$, описывающее степень принадлежности элемента x нечеткому множеству A . При этом числа 0 и 1 представляют собой соответственно низшую и высшую степень принадлежности допустимого решения, определяемого критерием x к нечеткому множеству A .

Значением функции принадлежности $\mu_A(x)$ называется степень принадлежности допустимого решения, определяемого критерием x к нечеткому множеству. В множество A не включают решения, для которых $\mu_A(x) = 0$.

Конкретный вид функций принадлежности определяется на основе предположений о ее свойствах: непрерывности первой производной, монотонности, симметричности и других [10].

Принимая во внимание наличие некоторой инерционности влияния указанных факторов, при нормализации значений их локальных критериев в качестве функции принадлежности целесообразно использовать представленные на рис. 1 интерполирующие кубические сплайн-функции. Аналогичное влияние инерционности можно, например, наблюдать на графиках набора и снижения высоты транспортного самолета.

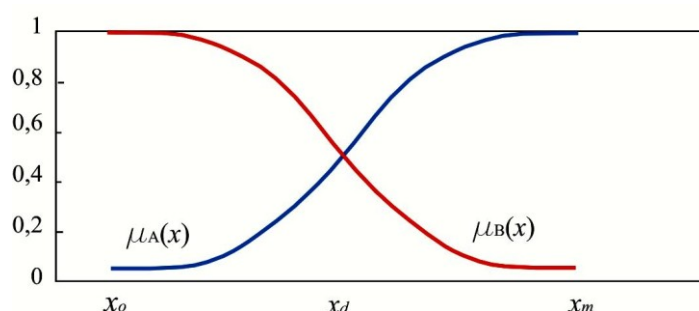


Рис.1. – Графическая интерпретация нечетких множеств A и B с функциями принадлежности μ_A и μ_B (соответственно для мажорируемых и минорируемых локальных критериев).



Через три опорные точки x_0 , x_d и x_m для каждого локального критерия x прокладывают полином третьей степени. Чтобы гарантировать, что $\mu(x) \in [0, 1]$ является монотонной в x , должно быть обеспечено неравенство:

$$-1 + \sqrt{2} \leq \left| \frac{x_m - x_d}{x_d - x_0} \right| \leq 1 + \sqrt{2}.$$

Для определения функции принадлежности используется формула [10]:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{для } x \leq x_0 \\ A \cdot x^3 + B \cdot x^2 + C \cdot x + D, & \text{для } x_0 < x \leq x_d \\ E \cdot x^3 + F \cdot x^2 + G \cdot x + H, & \text{для } x_d < x \leq x_m \\ 1, & \text{для } x_m \leq x \end{cases}. \quad (1a)$$

Данная функция принадлежности действительна для мажорируемых локальных критериев (для которых лучшими являются максимальные значения). Для минорируемых локальных критериев (для которых лучшими являются минимальные значения) интервалы должны быть соответственно изменены:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1, & \text{для } x \leq x_0 \\ 1 - A \cdot x^3 + B \cdot x^2 + C \cdot x + D, & \text{для } x_0 < x \leq x_d \\ 1 - E \cdot x^3 + F \cdot x^2 + G \cdot x + H, & \text{для } x_d < x \leq x_m \\ 0, & \text{для } x_m \leq x \end{cases}, \quad (1б)$$

где коэффициенты (А ... Н) вычисляются из системы уравнений, которая образуется на основании следующих требований: непрерывности, непрерывной дифференцируемости (непрерывности первой производной), монотонности, минимальной кривизны и подбора опорных точек для сплайн-функции [10]:



$$\begin{cases} A \cdot x_0^3 + B \cdot x_0^2 + C \cdot x_0 + D = 0 \\ A \cdot x_d^3 + B \cdot x_d^2 + C \cdot x_d + D = 0,5 \\ E \cdot x_d^3 + F \cdot x_d^2 + G \cdot x_d + H = 0,5 \\ E \cdot x_m^3 + F \cdot x_m^2 + G \cdot x_m + H = 1 \\ 3A \cdot x_0^2 + 2B \cdot x_0 + C = 0 \\ 3E \cdot x_m^2 + 2F \cdot x_m + G = 0 \\ 3A \cdot x_d^2 + 2B \cdot x_d + C - 3E \cdot x_d^2 - 2F \cdot x_d - G = 0 \\ 6A \cdot x_d + 2B - 6E \cdot x_d - 2F = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Линейная система уравнений (2) не является сингулярной (ее определитель не равен нулю), поэтому всегда имеет единственное решение.

Корректировку нормализованных значений локальных критериев для внутренних и внешних факторов по их важности для ЛПР предлагается производить с помощью формулы (3):

$$\tilde{\mu}_j = 1 - (1 - \mu_{ij})p, \quad (3)$$

где p – важность локального критерия, устанавливаемая от 0 до 1.

Поиск наиболее эффективного инвестиционного проекта рекомендуется осуществлять в следующей последовательности.

На первой ступени необходимо вычислить значения функций принадлежности по формулам (1а–1б) и составить нормализованную матрицу внутренних факторов.

На второй ступени вычислить значения функций принадлежности по формулам (1а–1б) и составить нормализованную матрицу внешних факторов.

Приняв равными вероятности проявления воздействий внутренних факторов согласно принципу недостаточного обоснования с помощью обобщенного критерия Лапласа, можно выбрать наиболее эффективный инвестиционный проект:

$$y_1 = \max_i \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \tilde{\mu}_j \right), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$



Если при выборе наиболее эффективного инвестиционного проекта учитывать одновременное влияние внутренних и внешних факторов, то необходима свертка их локальных критериев.

Для этого следует определить среднее арифметическое нормализованных значений локальных критериев для внутренних факторов:

$$\bar{\mu}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{\mu}_{ij}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

На 3 ступени необходимо объединить в одной матрице результаты 1 и 2 ступеней. Используется свертка локальных критериев на основе операции пересечения нечетких множеств.

Операции пересечения нечетких множеств равнозначна операция минимума, выполняемая над их функциями принадлежности:

$$\bar{\mu}_{ij}^* = \min(\bar{\mu}_i, \bar{\mu}_{ij}).$$

На 4 ступени, руководствуясь принципом гарантированного результата, можно определить наиболее эффективный инвестиционный проект с помощью глобального критерия Вальда. Наиболее эффективным является проект, имеющий наибольшее значение функции принадлежности:

$$y_2 = \max_i \min_j \bar{\mu}_{ij}^*, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Применение предлагаемого метода комплексной оценки инвестиционных проектов позволит не только избежать ошибок при выборе наиболее эффективного из них, но и проверить обоснованность ранее принятых решений и уже реализованных инвестиционных проектов.

Литература

1. Черняк В.З. Управление инвестиционным проектом в строительстве. М.: Русская деловая литература, 1998. 800 с.
2. Жолобов А.Л., Жолобова Е.А. Методика многокритериального выбора строительных технологий, проблемы ее изучения и практического



применения // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2015». Ростов н/Д: РГСУ, 2015. С. 508-510.

3. Османов С.Г., Жолобов А.Л. К вопросу о выборе методов и средств подачи к месту укладки готовой к употреблению бетонной смеси на плотных заполнителях // Инженерный вестник Дона, 2011, № 1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/361/.

4. Сысоев А.К. Технология зимнего бетонирования с помощью гибких нагревательных элементов // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2161/.

5. Багров А.В., Нестерин И.М., Пичхадзе К.М., Сысоев А.К. и др. Анализ методов строительства конструкций лунных станций // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2014. № 4 (25). С. 75-80.

6. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 2000. 144 с.

7. Ustinovichius, L. Determination of efficiency of investments in construction. International journal of strategic property management, Vol. 8, № 1, 2004, pp. 25-44.

8. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.

9. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: Горячая Линия-Телеком, 2015. 284 с.

10. Zavadskas, E.K., Peldschus, F. Fuzzy matrix games multi-criteria model for decision-making in engineering. Informatica, Vol. 16, № 1, 2005, pp. 107-120.

References

1. Chernyak V.Z. Upravlenie investitsionnym proektom v stroitel'stve. [Management of investment project in construction]. М.: Russkaya delovaya literatura, 1998. 800 p.

2. Zholobov A.L., Zholobova E.A. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-



prakticheskoy konferentsii «Stroitel'stvo-2015». Rostov n/D: RGSU, 2015. pp. 508-510.

3. Osmanov S.G., Zholobov A.L. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2011, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/361/.

4. Sysoev A.K. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2161/.

5. Bagrov A.V., Nesterin I.M., Pichkhadze K.M., Sysoev A.K. i dr. Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina. 2014. № 4 (25). pp. 75-80.

6. Kovalev V.V. Metody otsenki investitsionnykh proektov. [Methods of estimation of investment projects]. M.: Finansy i statistika, 2000. 144 p.

7. Ustinovichius, L. Determination of efficiency of investments in construction. International journal of strategic property management, Vol. 8, № 1, 2004, pp. 25-44.

8. Pegat A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie. [Fuzzy modeling and management]. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 798 p.

9. Demidova L.A., Kirakovskiy V.V., Pyl'kin A.N. Prinyatie resheniy v usloviyakh neopredelennosti. [Decision making under uncertainty]. M.: Goryachaya Liniya-Telekom, 2015. 284 p.

10. Zavadskas, E.K., Peldschus, F. Fuzzy matrix games multi-criteria model for decision-making in engineering. Informatica, Vol. 16, № 1, 2005, pp. 107-120.