SECTION 31. Economic research, finance, innovation, risk management.

Anatoly Aleksandrovich Naumov
Docent, Candidate of Technical Sciences,
corresponding member of International Academy of Theoretical & Applied Sciences
Center of Applied Mathematical Research, Novosibirsk, Russia,
E-mail: a_a_naumov@mail.ru

Sapargali Utepovich Zhanatauov
Candidate of Physic and mathematical Sciences, senior research associate,
Docent of Department Engineering and Informatics,
Central Asian Technological University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: sapagtu@mail.ru

FUZZY SETS IN INVESTMENT PROJECTS RISK ESTIMATION

Abstract: *The paper discusses the approaches to the problems of investment projects risk analysis using the uncertainty in the knowledge of the membership function of the fuzzy sets.*

Keywords: *Risks, investment project, fuzzy sets, membership function.*

УДК 330.322.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗМЫТЫХ МНОЖЕСТВ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Аннотация: *В работе рассмотрены подходы к решению задач анализа рисков инвестиционных проектов при использовании неопределенности в знании функции принадлежности размытых множеств.*

Ключевые слова: *Риски, инвестиционный проект, размытые множества, функция принадлежности.*

Обычно при оценивании рисков инвестиционных проектов (ИП) используются методы имитационного моделирования с учетом функции неопределенности значений параметров проекта. В качестве таких параметров обычно выступают элементы входного и выходного потоков проекта, ставки заемного процента, уровень инфляции и пр. А в качестве характеристики неопределенности используются функции распределения (или функции плотности) вероятностей для этих параметров. Если функции распределения заданы неточно (т.е. присутствует неопределенность в их задании), то обычно применяют аналогичные функции, построенные на размытых множествах [1-9]. В данной работе предполагается, что и размытая функция плотности вероятностей параметров проекта известна неточно.

Риски инвестиционных проектов (ИП), представимых бизнес-процессами (в виде потоковых моделей) $\widehat{BP}_s(t)$ [10], обусловлены неопределенностями в знании значений характеристик бизнес-процессов BP и их параметров π. Условимся бизнес-процессы с неопределенностями обозначать через $\widetilde{BP}=\left\{\widetilde{BP}_i(t)\right\}, i=1,2,\ldots,N$, и, соответственно, их параметры – через $\tilde{\pi}=\left\{\tilde{\pi}_i\right\}, i=1,2,\ldots,N$. Очевидно, такая неопределенность в знании характеристик ИП (и соответствующих им бизнес-процессов) приводит к тому, что вместо вектора показателей эффективности (номинального, планового) $\vec{Q}$ (или $\left\{\vec{Q}_{(i)}\right\}, i=1,2,\ldots,N$) реально будем иметь дело с вектором $\vec{\vec{Q}}$ (или с векторами $\left\{\vec{\vec{Q}}_{(i)}\right\}, i=1,2,\ldots,N$). Величина отклонения вектора $\vec{Q}$ от вектора $\vec{\vec{Q}}$ и будет характеризовать риск ИП. Процедура оценивания рисков (в динамике – оценивание вектора рисков $\vec{R}(t)$) может быть условно представлена отображением: $\left\langle \widetilde{BP}, \tilde{\pi} \right\rangle \xrightarrow{\varphi_R} \vec{R}(t)$, где φ_R – оператор оценивания рисков. Оператор φ_R оценивает отклонения между векторами $\vec{Q}(t)$ и $\vec{\vec{Q}}(t)$.

Индивидуальными рисками можно воспользоваться, если объединить их в пары с самими показателями, например, такого вида: $\left\langle Q_{i,nom}, R_{j,i} \right\rangle, i \in \{1,2,\ldots,M\}$, где j – номер (индекс) вида риска, M – число показателей эффективности, или $\left\langle Q_{i,nom}; \left\{R_{j,i}\right\}, j=1,2,\ldots,K \right\rangle$, $i \in \{1,2,\ldots,M\}$, в случае, если каждому из показателей сопоставить множество оценок рисков $\left\{R_{j,i}\right\}, j=1,2,\ldots,K$, ему соответствующих. Такие пары порождают характеристики ИП вида $\vec{Q}_R = \left(Q_{1R}, Q_{2R}, \ldots, Q_{MR}\right)^T$, где $Q_{iR} = \left\langle Q_{i,ном}; \left\{R_{j,i}\right\}, j=1,2,\ldots,K \right\rangle$, $i \in \{1,2,\ldots,M\}$.

Предположим, что при моделировании и оценивании значений показателей $\vec{\vec{Q}}(t)$ используются характеристики: 1) $f(\tilde{\pi})$ – плотность вероятностей возмущенных значений параметров π ИП; 2) $\mu_A(\tilde{\pi}) \cdot f(\tilde{\pi})$ – плотность вероятностей для размытого множества параметров. Здесь $\mu_A(\tilde{\pi})$ – функция принадлежности [1-3], $A \subseteq \Pi, \Pi$ – область допустимых значений параметров $\tilde{\pi}$. Часто предполагается, что переход от функции $f(\tilde{\pi})$ к функции $\mu_A(\tilde{\pi}) \cdot f(\tilde{\pi})$ снимает многие вопросы, связанные с незнанием точного вида классической функции плотности вероятностей. Однако, на наш взгляд, нахождение точного значения функции принадлежности является задачей не менее простой, чем нахождение функции $f(\tilde{\pi})$. Здесь предлагается неопределенность в знании точного вида этих функций представить в виде множеств их допустимых значений: $f(\tilde{\pi}) \in \mathrm{F}_f(\tilde{\pi})$ и $\mu_A(\tilde{\pi}) \in \mathrm{F}_\mu(\tilde{\pi})$. Например, множества $\mathrm{F}_f(\tilde{\pi})$ и $\mathrm{F}_\mu(\tilde{\pi})$ могут быть дискретными ($\mathrm{F}_{f,N_f}(\tilde{\pi}) = \left\{f_1(\tilde{\pi}), f_2(\tilde{\pi}), \ldots, f_{N_f}(\tilde{\pi})\right\}$) или параметризованными так, что при изменении параметров элементы этих множеств принимают все допустимые значения из области неопределенности:

$$\mathrm{F}_{\mu,\theta}(\tilde{\pi}) = \left\{\mu_A(\tilde{\pi},\theta) \middle| \theta \in \Theta\right\}.$$

Тогда, в результате моделирования в соответствии с множествами функций неопределенности $\mathrm{F}_{f,N_f}(\tilde{\pi})$ или $\mathrm{F}_{\mu,\theta}(\tilde{\pi})$ будут получены пары «показатели эффективности – риски» вида: $Q_{iR} = \left\langle Q_{i,ном}; \left\{R_{j,i}^{(l)}\right\}, j=1,2,\ldots,K, l=1,2,\ldots,N_f \right\rangle$, $i \in \{1,2,\ldots,M\}$ для $\mathrm{F}_{f,N_f}(\tilde{\pi})$ и $Q_{iR} = \left\langle Q_{i,ном}; \left\{R_{j,i}(\theta)\right\}, j=1,2,\ldots,K, \theta \in \Theta \right\rangle$, $i \in \{1,2,\ldots,M\}$ для $\mathrm{F}_{\mu,\theta}(\tilde{\pi})$. Остается только свернуть множество рисков, оцененных для показателей эффективности, в одно значение. Например, если риски оцениваются наибольшими возможными потерями, то свертки могут иметь такой вид: $R_{j_0,i}^{(\max)} = \max\limits_{l=1,2,\ldots,N_f} R_{j_0,i}^{(l)}$ для $\mathrm{F}_{f,N_f}(\widetilde{\pi})$ и $R_{j_0,i}^{(\max)} = \max\limits_{\theta\in\Theta} R_{j_0,i}(\theta)$ для $\mathrm{F}_{\mu,\theta}(\widetilde{\pi})$. И окончательно получим оценки: $Q_{iR} = \left\langle Q_{i,ном}; \left\{ R_{j_0,i}^{(\max)} \right\} \right\rangle$, $i \in \{1,2,\ldots,M\}$. Здесь значение индекса $j_0 \in \{1,2,\ldots,K\}$ фиксировано и соответствует риску наибольших возможных потерь.

Приведем пример оценивания рисков показателей аутсорсингового кластера (АК) [10]. Для этого будем оценивать два показателя $NFV_{(l)}$ (дохода) и $IRR_{NFV_{(l)}}$ (доходности). Предположим, что отклонения от запланированных (номинальных, плановых) значений потоков АК подчинены нормальному закону с математическим ожиданием равным нулю и среднеквадратическим отклонением равным 5/3%=1.6667% от плановых значений. На Рис. 1 приведены значения показателей, полученные в результате моделирования для числа модельных расчетов N_model =155.

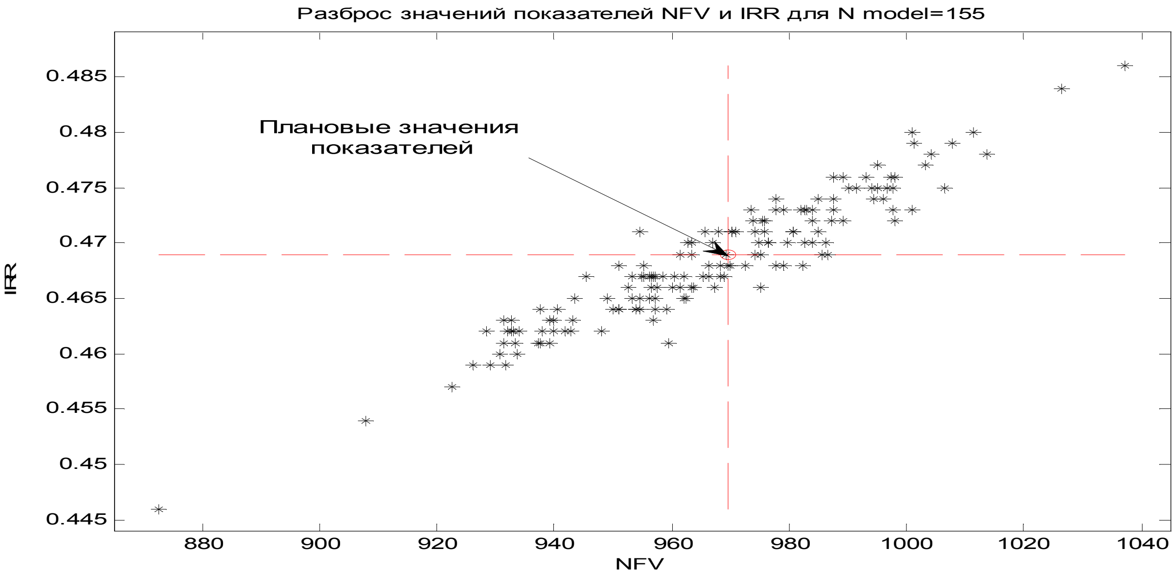

Рисунок 1 – Разброс значений показателей $NFV_{(l)}$ и $IRR_{NFV_{(l)}}$.

Найдем оценку риска в виде наибольших абсолютных потерь [10]: $R_{4,NFV_{(l)}} = NFV_{(l)} - \widetilde{NFV}_{(l),\min}$ =98,7; индексы у показателя риска означают принадлежность его к определенному виду (j_0=4), и то, относительно какого показателя риск оценивается – ($NFV_{(l)}$), где $NFV_{(l)}$ – плановое значение показателя; $\widetilde{NFV}_{(l),\min}$ – наименьшее значение показателя. Аналогично можно оценить риск для второго показателя $R_{4,IRR_{NFV_{(l)}}}$ =0,023 и для размытой функции принадлежности. Относительные риски показателей можно оценить так: $R_{5,NFV_{(l)}} = \left(NFV_{(l)} - \widetilde{NFV}_{(l),\min}\right) \big/ NFV_{(l)}$ (см. подробнее в [10]).

References:

1. Zadeh L.A. Fuzzy sets. – Information and Control, 1965, Vol. 8, pp. 338–353.

2. Bellman R., Zadeh L. Decision-making in a fuzzy environment. – Manag Sci, 1970, Vol. 17, pp. 141–164.
3. Zadeh L.A. From imprecise to granular probabilities. - Fuzzy Set Systems, 2005, Vol. 154, pp. 370–374.
4. Zimmermann H-J. An application-oriented view of modelling uncertainty. – European Journal of Operation Research, 2000, Vol. 122, pp. 190–199.
5. Zimmermann H.-J. Fuzzy Set Theory and Its Applications. – Kluwer Academic Publishers, 2001.
6. Bojadziev G., Bojadziev M. Fuzzy Logic for Business, Finance and Management. – Singapore: World scientific, 1997.
7. Turban E., Sharda R., Delen D. Decision Support and Business Intelligence Systems. – Prentice Hall, 2010.
8. Hussain O.K., Chang E., Hussain F.K., Dillon T.S. A Fuzzy Aproach to Risk Based Decision Making. – Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heidelberg, Vol. 4278, 2006, pp. 1765-1775.
9. Hillson D. Effective opportunity management for projects – exploiting positive risk. – New York: Marcel Dekker, 2004.
10. Наумов А.А. Методы анализа и синтеза инвестиционных проектов. Эффективность, риски, управление. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 356 с.