

УДК 519.816: 004.891

**СИНТЕЗ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РИСКА НА БАЗЕ  
ДВУХУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЫ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ФАКТОРОВ****SYNTHESIS INTEGRAL INDICATOR OF RISK ON THE BASIS OF THE TWO-  
LEVEL STRUCTURE OF LINGUISTIC FACTORS EVALUATION**©*Осипов Г. С.**SPIN-код: 7749-0840**д-р техн. наук, Сахалинский государственный университет  
г. Южно-Сахалинск, Россия, \_Osipov@rambler.ru*©*Osipov G.**SPIN-code: 7749-0840**Doctor of Technical Sciences, Sakhalin State University  
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, \_Osipov@rambler.ru*

*Аннотация.* Предложена методология синтеза интегрального показателя риска разрабатываемых проектов на базе лингвистических оценок.

*Abstract* The methodology of the synthesis of the integral index of the risk of development projects based on linguistic assessments.

*Ключевые слова:* принятие решений, лингвистические переменные.

*Keywords:* decision-making, linguistic variables.

Проблема определения уровня рисков, возникающих в процессе эксплуатации сложных техносферных и социально-экономических систем является актуальной, поскольку последствия возможных критических и аварийных ситуаций сопряжены со значительными потерями ресурсов, как материальных, так и человеческих. Только предварительный анализ вариантов развития позволяет принимать обоснованные управленческие решения.

Априорная оценка интегрального показателя риска сопряжена со сложностью формализации знаний о существующих факторах, в совокупности определяющих безопасность исследуемой системы. Очевидно такая оценка необходима в первую очередь на этапе проектирования системы. Из предлагаемых проектов необходимо выбрать тот, который обладает наименьшим показателем риска возникновения нежелательных ситуаций.

Основоположником метода «сравнительной оценки» проектов» по праву является Алексей Николаевич Крылов. А. Н. Крылов [1, 2] разработал «метод сводных показателей» (МСП), суть которого заключается в «свертке» многих оценок исследуемого объекта в одну сводную (глобальную, интегральную, обобщенную, генеральную, синтетическую и т. п.) оценку, синтезирующую отдельные (локальные, дифференциальные, частные, маргинальные, аналитические и т.п.) показатели качества объекта [3].

С помощью МСП можно оценивать качества разного рода (безопасность, ценность, эффективность, надежность, полезность, предпочтительность и т. п.) многопараметрических объектов: сложных технических систем, вариантов управленческих, организационных и инвестиционных решений; видов потребительских товаров и услуг, типов ЭВМ и их программного обеспечения; мнений отдельных экспертов и экспертных комитетов; финансово-экономических объектов и т. д. [4, 5].

Очевидно для использования МСП требуется определить вектор исходных характеристик (факторов), задать нормирующие и синтезирующие функции, а также определить значимость отдельных показателей.

Однозначный выбор функций и векторов, определяющих сводную оценку, на практике сложен и формирование сводного показателя обычно происходит в условиях дефицита информации, когда существует неоднозначность выбора указанных функций. Таким образом, имеет место неопределенность, состоящая в том, что все указанные компоненты МСП заданы с точностью до соответствующего множества возможных вариантов.

В системах обеспечения безопасности современных сложных техносферных объектов [6, 7, 8] и повышения эффективности функционирования трудно формализуемых социально экономических систем [9] широко используются экспертные оценки, которые специалистам удобнее формулировать в терминах естественного языка. Синтез баз знаний для описания объектов и явлений разрабатываемых экспертных систем основан на использовании нечетких и лингвистических переменных с помощью нечетких множеств.

В представленной работе предлагается методология синтеза интегрального показателя риска многопараметрических проектов на базе двухуровневой системы факторов, описываемых с помощью лингвистических оценок. Результатом решения является нечеткий рейтинг проектов и уровень их принадлежности к множеству проектов с «малым уровнем риска».

#### Постановка задачи

Рассмотрим множество проектов  $U$  (альтернатив, систем, субъектов), которые подлежат многокритериальному оцениванию и ранжированию по уровню риска. Система факторов  $F$  (показателей, критериев) представляет собой структуру, состоящую из множества ключевых областей  $C$ . Все ключевые области, и составляющие их факторы характеризуются своими уровнями значимости.

Решается задача построения нечеткого рейтинга  $\tilde{D}$  проектов  $U$  по уровню риска на двухуровневой структуре критериев  $F$ , задаваемых в виде лингвистических оценок.

#### Метод решения

Синтез исходной базы знаний

Введем следующие лингвистически переменные:

1. Переменная «степень риска».

Синтезируем множество нечетких переменных (лингвистических оценок): «очень низкая» (ОН), «низкая» (Н), «средняя» (С), «высокая» (В) и «очень высокая» (ОВ). Перечисленные термы (образующие терм-множество) в совокупности и определяют лингвистическую переменную «степень риска».

На Рисунке 1 представлены графики функций принадлежности для введенных нечетких переменных.

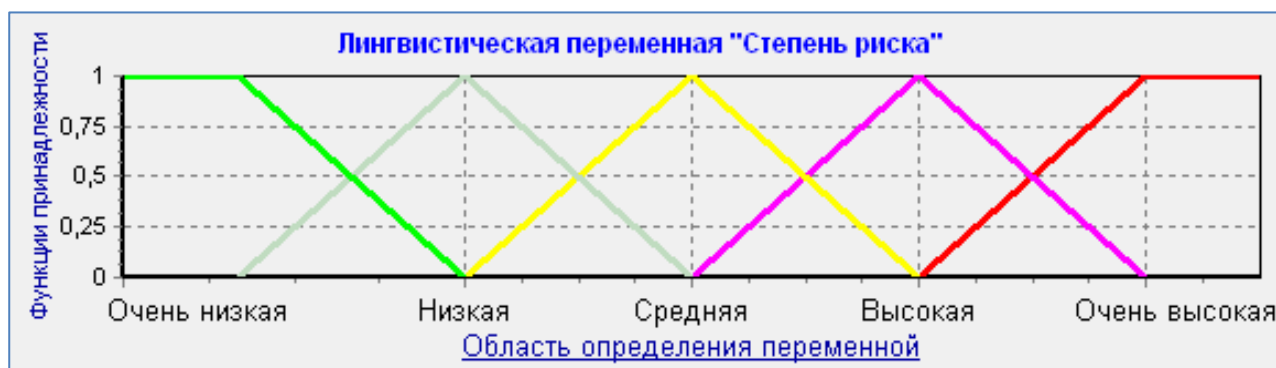


Рисунок 1. Функции принадлежности термов.

Каждая из лингвистических оценок может быть представлена в виде:

$$\tilde{A} = \int_x \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x},$$

где  $X$  – область определения соответствующей оценки;

$\mu_{\tilde{A}}(x)$  – значения функции принадлежности ( $\forall x \in X$ ).

2. Переменная «уровень значимости ключевой области».

Базовое терм-множество образуют следующие нечеткие оценки: «довольно важная» (ДВ), «важная» (В) и «очень важная» (ОВ). Соответствующие нечеткие переменные, задаваемые своими функциями принадлежности, представлены на Рисунке 2.

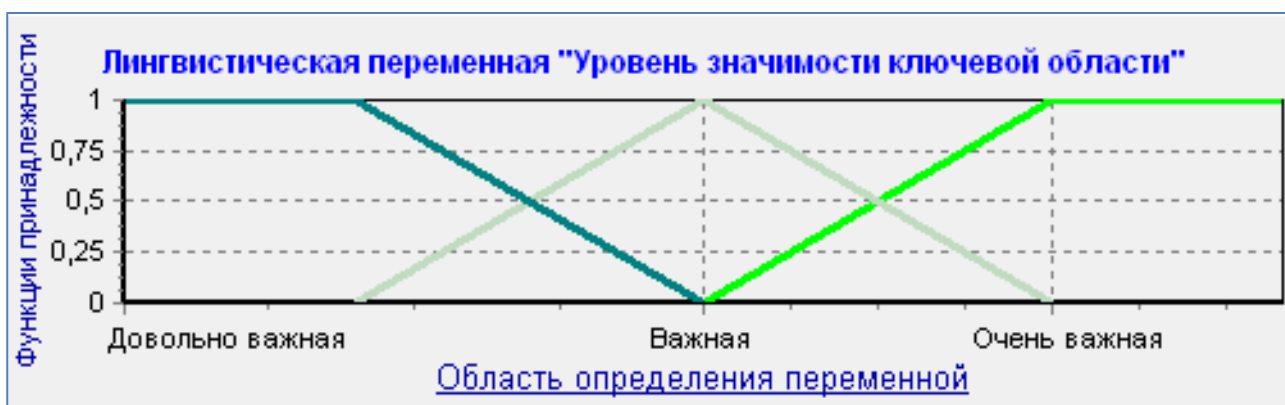


Рисунок 2. Функции принадлежности для «уровня значимости области».

3. Переменная «уровень значимости фактора».

В данном случае нечеткие оценки формулируются следующим образом: «несущественный» (НС), «не очень важный» (НОВ), «довольно важный» (ДВ), «важный» (В), «очень важный» (ОВ) и «чрезвычайно важный» (ЧВ). Соответствующие функции принадлежности термов представлены на Рисунке 3.

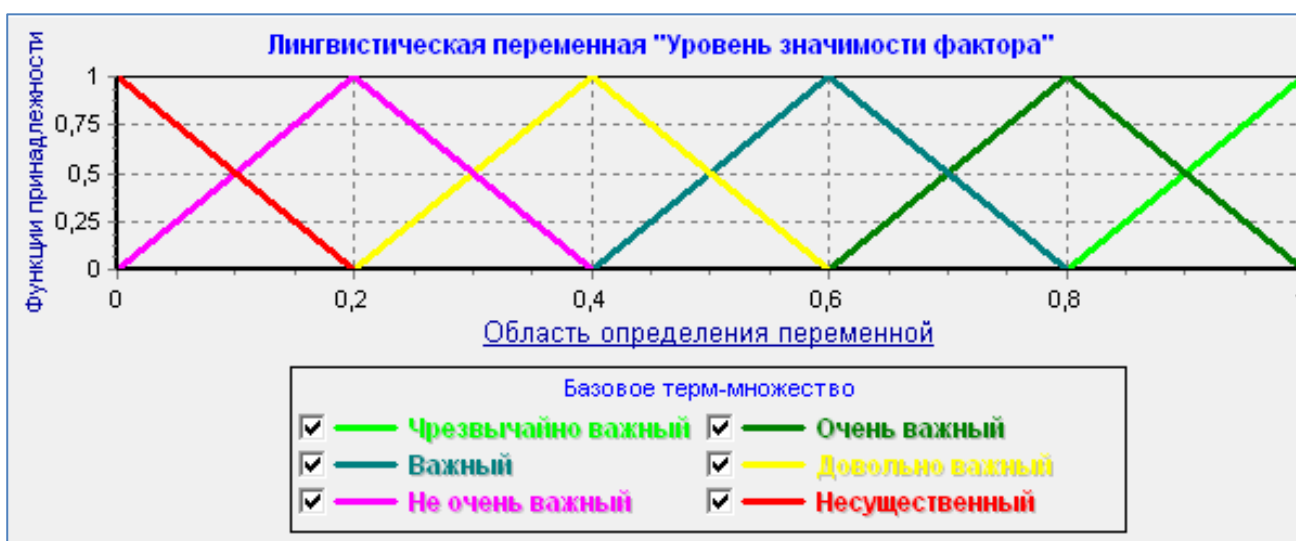


Рисунок 3. Функции принадлежности для «уровня значимости показателя».

Формализация экспертных оценок

Представим уровни значимости (важности) ключевых областей в виде:

$$\tilde{P} = \int_c \frac{\mu_{\tilde{P}}(c)}{c}.$$

Значения функции принадлежности  $\mu_{\tilde{P}}(c)$  (ключевой области из  $C$  соответствующему нечеткому множеству из  $\tilde{P}$ ) являются нечеткими множествами  $\tilde{P}$ , т. е.:

$$\mu_{\tilde{P}}(c) = \tilde{P} = \int_x \frac{\mu_{\tilde{P}}(x)}{x} \text{ и } \tilde{P} = \int_c \frac{\int_x \mu_{\tilde{P}}(x)}{c}.$$

Соответственно, уровень значимости факторов:

$$\tilde{W} = \int_{C \times F} \frac{\mu_{\tilde{W}}(f)}{f} = \int_{C \times F} \frac{\int_y \mu_{\tilde{W}}(y)}{f}.$$

Оценки проектов по факторам:

$$\tilde{Q} = \int_{F \times C \times U} \frac{\mu_{\tilde{Q}}(u)}{u} = \int_{F \times C \times U} \frac{\mu_{\tilde{Q}}(z)}{u}.$$

Нечеткое решение находится как композиция:  $\tilde{D} = \tilde{P} \circ \tilde{W} \circ \tilde{Q}$ .

Синтез рейтингов проектов осуществляется на основе сравнения величин средних значений полученных нечетких чисел из  $\tilde{D}$ :

$$m(\tilde{A}) = \int_0^1 \frac{a(\alpha) + b(\alpha)}{2} d\alpha,$$

где  $a(\alpha)$ ,  $b(\alpha)$  – левая и правая границы интервалов альфа уровней чисел.

Окончательно множество решений представляется в виде:

$$\tilde{D} = \int_U \frac{\mu_{\tilde{D}}(u)}{u},$$

здесь  $\mu_{\tilde{D}}(u)$  – ранг проекта  $u$  на базе нечетких оценок из множества  $\tilde{D}$ .

Степени принадлежности проектов к термам из  $\tilde{A}$  находится как пересечение среднего значения нечетких чисел с соответствующими графиками термов лингвистической переменной «степень риска».

#### Практическая апробация

Для анализа представлены 4 проекта, т.е.:

$$U = (u_1 \mid u_2 \mid u_3 \mid u_4).$$

Факторы риска дифференцированы по двум ключевым областям  $C = (c_1 \mid c_2)$ , тогда структура факторов имеет вид:

$$F = \left( \begin{array}{ccc|c} f_1^1 & f_2^1 & f_3^1 & c_1 \\ \hline f_1^2 & f_2^2 & f_3^2 & c_2 \end{array} \right).$$

На основании экспертных заключений сформированы следующие массивы оценок:

$$\tilde{P} = \left( \begin{array}{c|c} \text{очень важная} & \text{важная} \\ \hline c_1 & c_2 \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c|c} (0,5 \mid 0,8 \mid 1,0 \mid 1,0) & (0,2 \mid 0,5 \mid 0,5 \mid 0,8) \\ \hline c_1 & c_2 \end{array} \right).$$

$$\tilde{W} = \left( \begin{array}{c|c|c|c} c_1 & \text{В} & \text{ДВ} & \text{НОВ} \\ \hline c_2 & \text{В} & \text{НОВ} & \text{В} \\ \hline \vdots & f_1 & f_2 & f_3 \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c|c|c|c} c_1 & (0,4 \mid 0,6 \mid 0,6 \mid 0,8) & (0,2 \mid 0,4 \mid 0,4 \mid 0,6) & (0,0 \mid 0,2 \mid 0,2 \mid 0,4) \\ \hline c_2 & (0,4 \mid 0,6 \mid 0,6 \mid 0,8) & (0,0 \mid 0,2 \mid 0,2 \mid 0,4) & (0,4 \mid 0,6 \mid 0,6 \mid 0,8) \\ \hline \vdots & f_1 & f_2 & f_3 \end{array} \right)$$

$$\tilde{Q} = \left( \begin{array}{c|c|c} f_1 & \text{ОН} & \text{ОН} \\ \hline f_2 & \text{ОН} & \text{Н} \\ \hline f_3 & \text{ОН} & \text{ОН} \\ \hline \vdots & c_1 & c_2 \end{array} \right) u_1 \left( \begin{array}{c|c|c} f_1 & \text{ОН} & \text{ОВ} \\ \hline f_2 & \text{В} & \text{ОН} \\ \hline f_3 & \text{ОВ} & \text{ОВ} \\ \hline \vdots & c_1 & c_2 \end{array} \right) u_2 \left( \begin{array}{c|c|c} f_1 & \text{Н} & \text{ОН} \\ \hline f_2 & \text{С} & \text{В} \\ \hline f_3 & \text{Н} & \text{В} \\ \hline \vdots & c_1 & c_2 \end{array} \right) u_3 \left( \begin{array}{c|c|c} f_1 & \text{С} & \text{Н} \\ \hline f_2 & \text{Н} & \text{ОН} \\ \hline f_3 & \text{Н} & \text{Н} \\ \hline \vdots & c_1 & c_2 \end{array} \right) u_4.$$

Графики функций принадлежности нечетких множеств, которые являются решением задачи, представлены на Рисунке 4.

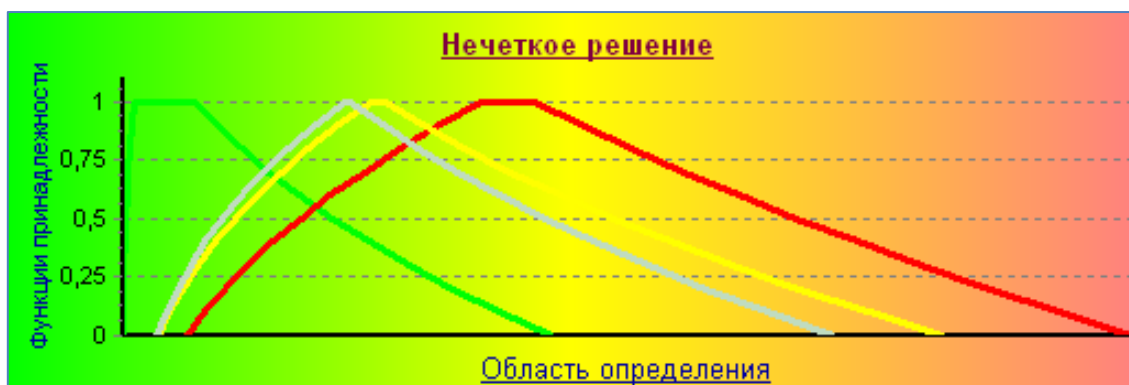


Рисунок 4. Итоговые нечеткие оценки проектов.

Ранжирование проектов по средним значениям нечетких показателей рисков приводят к следующим результатам (Рисунок 5):

$$\tilde{D} = \left( \begin{array}{c|c|c|c} 0,26 & 1,00 & 0,72 & 0,63 \\ \hline u_1 & u_2 & u_3 & u_4 \end{array} \right)$$



Рисунок 5. Диаграмма рангов проектов.

На Рисунке 5 представлены степени принадлежности каждого из проектов нечетким множествам из  $\tilde{A}$ . Элементами построенных нечетких множеств  $\tilde{A}_i (i = \overline{1,4})$  являются нечеткие множества (получили нечеткие множества второго уровня).



Рисунок 6. Степени соответствия проектов требованиям.

Например, для проекта  $u_1$ :

$$\tilde{A}_1 = \left( \begin{array}{cc} 0,62 & 0,28 \\ \text{ОН} & \text{Н} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c|c} 0,62 & 0,28 \\ \hline (0,0|0,0|0,1|0,3) & (0,1|0,3|0,3|0,5) \end{array} \right)$$

Очевидно, в рассматриваемой задаче следует принять для реализации проект  $u_1$ , а от проекта  $u_2$  отказаться.

#### Выводы

Предложен унифицированный метод нечеткой оценки сложных многопараметрических проектов в случае, когда исходная информация представлена в виде лингвистических переменных. Апробация выполнена на задаче многофакторной оценки уровня рисков.

Аналогично по той же методике могут решаться задачи комплексного исследования и рейтингования сложных систем по критериям их эффективности и безопасности. Кроме того, использование лингвистических переменных позволяет решать оптимизационные задачи в «мягкой постановке» когда допустимо нарушение строгости условий (например, «бюджетных ограничений»).

#### Список литературы:

1. Крылов А. Н. Собр. тр. Т. I. Ч. I. М.; Л., 1951. С. 246–248.
2. Соломенко Н. С. Академик Алексей Николаевич Крылов — выдающийся математик, механик и кораблестроитель // Вестник АН СССР. 1988. №12. С. 70–79.
3. Хованов Н. В. Оценка сложных экономических объектов и процессов в условиях неопределенности. К 95-летию метода сводных показателей А. Н. Крылова // Вестник СПбГУ. Сер. 5. 2005. Вып. 1. С. 138–144.
4. Осипов Г. С. Свертка показателей деятельности судоходных компаний (К 100-летию метода сводных показателей А.Н. Крылова) // Эксплуатация морского транспорта. 2007. №2. С. 33–36.
5. Осипов Г. С. Лингвистическая оценка риска фондовых инвестиций // Эксплуатация морского транспорта. 2007. №3. С. 6–9.
6. Osipov G. S., Sazonov A. E. Fuzzy expert system of shipping companies safety assessment // European research. 2016. №3 (14), pp. 10–11. DOI: 10.20861/2410-2873-2016-14-002.

7. Сазонов А. Е. Использование метода экспертных отношений предпочтения для оценки уровня совершенства системы управления безопасностью морского судна /А. Е. Сазонов, Г. С. Осипов, В. Д. Клименко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2013. №3 (19). С. 94–104.

8. Sazonov A. E., Klimenko V. D., Osipov G. S., Zakharov A. A. Expert system for evaluation of shipping company's SMS perfection level. International symposium "Information on Ships" ISIS 2006, Hamburg, Germany, September 21–22, 2006. Proceedings. 12 p.

9. Осипов Г. С. Нечеткий рейтинг акций морских пароходств / Г. С. Осипов, Е. И. Распутина // Эксплуатация морского транспорта. 2007. №2. С. 10–13.

*References:*

1. Krylov A. N. Coll. Tr. T. I. Part I. M.; L., 1951. Pp 246–248.

2. Solomenko N. S. Academician Aleksei Nikolaevich Krylov — an outstanding mathematician, engineer and shipbuilder//Bulletin of USSR Academy of Sciences, 1988, no. 12, pp. 70–79.

3. Hovanov N. V. Assessment of complex economic objects and processes under uncertainty. The 95th anniversary of the method of composite indicators, A. N. Krylova. Vestnik St. Petersburg University, Ser. 5, 2005, Release. 1, pp. 138–144.

4. Osipov G. S. The Convolution of indicators of activities of shipping companies (To the 100th anniversary of the method of composite indicators, A. N. Krylov). Operation of Maritime transport, 2007, no. 2, pp. 33–36.

5. Osipov G. S. Linguistic assessment of the risk of stock investments. Operation of Maritime transport, 2007, no. 3, pp. 6–9.

6. Osipov G. S., Sazonov A. E. Fuzzy expert system of shipping companies safety assessment. European research, 2016, no. 3 (14), pp. 10–11. DOI: 10.20861/2410-2873-2016-14-002.

7. Sazonov A. E. Using the method of preference relations expert to assess the level of perfection of the safety management system of marine vessel / A. E. Sazonov, G. S. Osipov, V. D. Klimenko. Vestnik of state University of sea and river fleet named after Admiral S. O. Makarov, 2013, no. 3 (19), pp. 94–104.

8. Sazonov A. E., Klimenko V. D., Osipov G. S., Zakharov A. A. Expert system for evaluation of shipping company's SMS perfection level. International symposium "Information on Ships" ISIS 2006, Hamburg, Germany, September 21–22, 2006. Proceedings. 12 p.

9. Osipov G. S., a Fuzzy rating of the shares of shipping companies / G. S. Osipov, E. I. Rasputina. Operation of Maritime transport, 2007, no. 2, pp. 10–13.