

LINGUISTIC ASSESSMENT OF THE PERFECTION LEVEL OF SAFETY MANAGEMENT SYSTEM OF SHIPPING COMPANIES

Anatoly E. Sazonov, Gennady S. Osipov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation

The article discusses the important, urgent and practically important problem of estimating of the perfection level of the safety management system of shipping companies to ensure compliance with the requirements of the International management code for the safe operation of ships and pollution prevention. The basis for the implementation of the study was developed earlier by the order of Russian Maritime register of shipping methods of self-assessment of the perfection level of safety management systems. The analysis of intellectual information support of available and advising expert systems in the field of ensuring of the safety requirements for operation of complex transport systems was showed in the work. The necessity was showed and the concept of linguistic variables using for evaluation of safety factors was proposed. The methodology of factual synthesis of the fuzzy knowledge base about the subject area was developed. The core of this methodology is fuzzy estimates set by experts. New theory of databases and knowledge bases based on two-level fuzzy sets was built where values of membership functions are fuzzy sets. The problem of constructing integral evaluation of the level of security in case when many factors and levels of their significance are presented by linguistic assessments was investigated and solved. For the formalization of linguistic assessments the possibility and expediency of use of fuzzy trapezoidal numbers, the semantic meaning of which is close to the statements in natural language were justified.

The feasibility and the relevancy of the concept of the use of linguistic variables for the problemsolving for the construction of advanced expert systems of ensuring of the navigation safety were shown. The conclusion about expediency of application of fuzzy expert estimates to formalize and solve the problem of estimation of perfection level of safety management systems of shipping companies was made.

Keywords: fuzzy variables, linguistic expert evaluation, the level of perfection of safety management systems.

УДК 656.611.2: 519.816: 004.891

ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ СОВЕРШЕНСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СУДОХОДНЫХ КОМПАНИЙ

А. Е. Сазонов, Г. С. Осипов

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье рассмотрена важная, актуальная и практически значимая задача оценки уровня совершенства системы управления безопасностью судоходных компаний с целью обеспечения соответствия требованиям Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ). Основой для выполнения исследования явилась разработанная ранее по заказу Российского морского регистра судоходства методика проведения самооценки уровня совершенства систем управления безопасностью. В работе приведен анализ интеллектуального информационного обеспечения существующих экспертных и советующих систем в области обеспечения требований к безопасности функционирования сложных транспортных систем. Обоснована необходимость и предложена концепция использования лингвистических переменных для оценки факторов обеспечения безопасности. Разработана методология синтеза нечеткой фактуальной базы знаний о предметной области, ядром которой являются нечеткие оценки, задаваемые экспертами. Построена новая теория синтеза баз данных и баз знаний на основе двухуровневых нечетких множеств, значениями функций принадлежности которых являются нечеткие множества. Исследована и решена задача построения интегральной оценки уровня безопасности в случае, когда и множество факторов, и уровни их значимости представлены лингвистическими оценками. Обоснована возможность и целесообразность использования для формализации лингвистических оценок нечетких трапецевидных чисел, семантический смысл которых близок к высказываниям на естественном языке.

Показана практическая реализуемость и значимость разработанной концепции использования лингвистических переменных для решения задачи построения перспективных экспертных систем обеспечения безопасности мореплавания. Сделан вывод о целесообразности применения нечетких экспертных оценок для формализации и решения проблемы оценки уровня совершенства систем управления безопасностью судоходных компаний.

Ключевые слова: нечеткие переменные, экспертные лингвистические оценки, уровень совершенства систем управления безопасностью.

Введение

Основой обеспечения безопасности мореплавания является регулярное освидетельствование систем управления безопасностью (СУБ) (*Safety Management System (SMS)*) судоходных компаний на соответствие их требованиям Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ).

К настоящему времени по заказу Российского морского регистра судоходства (РМРС) разработана методика проведения самооценки уровня совершенства системы управления безопасностью (СУБ) судоходных компаний [1]. В соответствии с этой методикой факторы, определяющие уровень безопасности, структурированы на шесть ключевых областей, каждой из которых присвоен уникальный экспертный уровень значимости (вес):

- А. Политика и ответственность Компании (разд. 1 – 3 МКУБ).
- В. Персонал и ресурсы (разд. 4 – 6 МКУБ).
- С. Безопасность ключевых операций (разд. 7 МКУБ).
- Д. Готовность к аварийным ситуациям (разд. 8 МКУБ).
- Е. Несоответствия и техническое обслуживание (9, 10 разд. МКУБ).
- Ф. Документация и анализ эффективности СУБ Компании (разд. 11 – 13 МКУБ).

Каждая ключевая область содержит по 10 факторов, зафиксированных их описанием, уровнем значимости, рекомендациями по оценке и обеспечению безопасности.

Методика самооценки легла в основу экспертной системы «Оценка уровня совершенства СУБ судоходной компании», которая внедрена в РМРС и размещена на официальном сайте <http://www.rs-class.org/ru/register/services/ism/> в разделе «Освидетельствование систем управления безопасностью».

В разработанной программе задача экспертов сводится к заданию (вводу) оценок факторов для каждой из ключевых областей по десятибалльной (*четкой*) шкале. На рис. 1 представлена форма для ввода исходных данных, которая позволяет избежать возможных ошибок при наборе чисел с клавиатуры.

Ключевые области										
А : Политика и ответственность Компании										
a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	
4	9	8	9	8	7	10	10	6	1	
В : Персонал и Ресурсы										
b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	
7	9	5	1	9	4	5	1	1	5	
С : Безопасность ключевых операций										
c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	
5	6	1	7	6	5	9	5	6	7	
Д : Готовность к аварийным ситуациям										
d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	
4	7	7	8	6	6	7	7	6	6	
Е : Несоответствия и техническое обслуживание										
e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	
1	1	4	4	3	4	10	4	5	7	
Ф : Документация и анализ эффективности СУБ Компании										
f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	
9	7	8	4	6	4	6	7	4	2	
Описание факторов										
a1 – Статус судоходной Компании, форма собственности и управления Компанией, ответственность закреплены юридически и способствуют развитию Компании и безопасной эксплуатации судов.										

Рис. 1. Форма для ввода экспертных оценок факторов

Уровень совершенства СУБ Компании представлялся как цифровой величиной (например, 5,62 на рис. 2), так и в форме принадлежности к лингвистической переменной «Уровень совершенства СУБ».

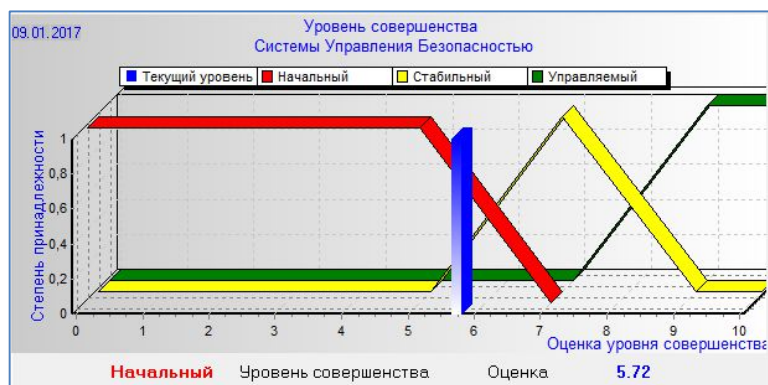


Рис. 2. Представление решения в виде нечетких множеств

В экспертной системе лингвистическая переменная «Уровень совершенства СУБ» состояла из трёх терм-множеств (нечетких переменных, или лингвистических оценок): «Начальный уровень совершенства», «Стабильный уровень совершенства» и «Управляемый уровень совершенства». На рис. 2 представлены соответствующие нечеткие множества (их функции принадлежности).

Кроме того, разработанная программа позволяют получить подробную аналитическую информацию об уровнях оценок факторов каждой из ключевых областей, рекомендации по повышению уровня совершенства СУБ и т. д.

Логическим продолжением выполненного исследования по разработке методики проведения самооценки уровня совершенства СУБ судоходных компаний и внедрению в РМРС экспертной системы является формирование концепции оценки уровня совершенства СУБ с позиций единого подхода, предусматривающего использование для представления баз данных и баз знаний формируемых экспертами лингвистических оценок, семантически близких к высказываниям экспертов на естественном языке.

Синтез такой концепции и ее адаптация к специфике проблем обеспечения безопасности сложных транспортных и техногенных объектов позволит задействовать практически значимый и интуитивно понятный аппарат нечетких множеств, нечетких отношений и мягкого интеллектуального моделирования.

Теоретической базой для разработки послужили как классические издания [2] – [5], так и современные актуальные исследования в области разработки экспертных и «советующих» систем с применением аппарата нечетких вычислений, рассуждений и логических выводов, а также мягких методов оптимизации применительно к рассматриваемым предметным и проблемным областям, связанным с обеспечением безопасности транспортно-технологических объектов [6] – [10].

1. Постановка задачи

Объектом исследования являются судоходные компании. Задача заключается в оценке уровня совершенства СУБ судоходных компаний на основе структуры факторов, определяемой экспертами. Оценки факторов и уровень их значимости формулируются в терминах лингвистических переменных. Таким образом, на основании сложно структурированных по ключевым областям лингвистических оценок отдельных факторов требуется синтезировать *сводный показатель*, который можно представить в виде обобщенной лингвистической оценки уровня совершенства СУБ компании.

Разработчиком *метода сводных показателей* по праву считается А. Н. Крылов, который предложил метод построения «формулы сравнительной оценки» проектов линкоров [11] – [13]. Суть этого метода состоит в «свертке» многих оценок исследуемого объекта в одну сводную (глобальную, интегральную, обобщенную, генеральную, синтетическую) оценку, синтезирующую отдельные (локальные, дифференциальные, частные, аналитические) показатели качества объекта. С помощью метода сводных показателей можно сравнивать и оценивать качества разного рода (эффективность, надежность, предпочтительность, полезность) сложных многопараметрических систем.

2. Метод решения

Введем следующие обозначения:

U — множество судоходных компаний, для которых выполняется анализ уровня совершенства СУБ;

F — двухуровневая (плоская) структура факторов;

C — множество ключевых областей, на которые разделены факторы.

Решается проблема оценки уровня совершенства СУБ из U на двухуровневой структуре факторов F , задаваемых в виде лингвистических оценок. Все ключевые области и составляющие их факторы имеют свой лингвистический уровень значимости (вес).

2.1. Синтез исходной фактуальной базы знаний

Очевидно любому эксперту (начиная со школьного учителя) проще и предпочтительнее делать заключение о степени успешности исследуемого объекта, свойства или субъекта в виде высказывания на естественном языке типа «Хорошо», «Удовлетворительно» и т. п., т. е. в виде лингвистической оценки.

Введем лингвистическую переменную «Оценка» (рис. 3). Отдельные терм-множества

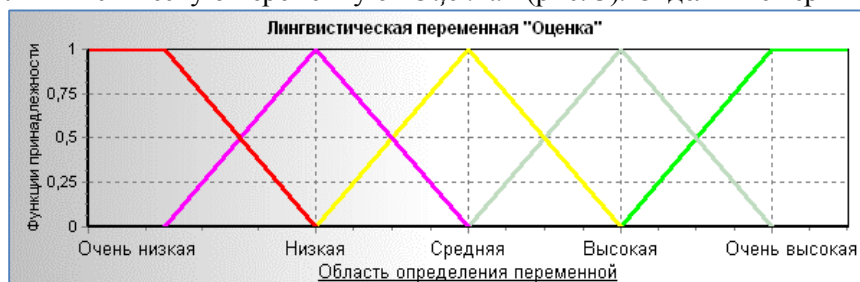


Рис. 3. Терм-множества лингвистической переменной «Оценка»

лингвистической переменной «Оценка» являются нечеткими переменными (лингвистическими оценками): «Очень высокая (ОВ)», «Высокая (В)» и т. д., которые можно представить нечеткими множествами, определяемыми уникальными функциями принадлежности. В качестве таких функций принадлежности для простоты выбраны трапециевидные нечеткие числа, что не умаляет универсальности концепции построения лингвистической оценки уровня совершенства СУБ.

Все факторы, определяющие уровень совершенства, структурированы в виде совокупности ключевых областей, имеющих свой уровень значимости (вес). Поэтому также вводится лингвистическая переменная «Уровень значимости ключевой области» с лингвистическими оценками, представленными на рис. 4.

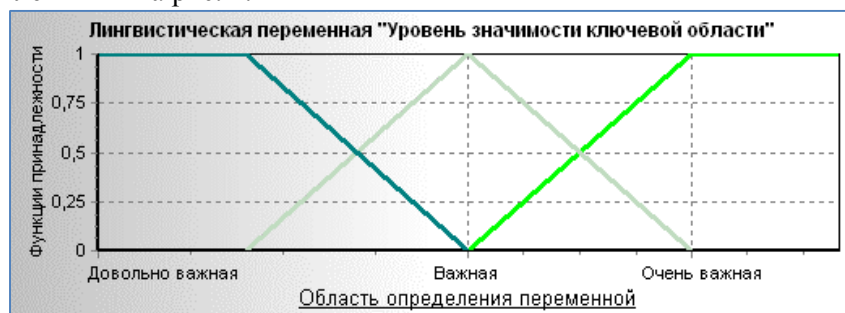


Рис. 4. Терм-множества для «Уровня значимости ключевых областей»

Каждый из факторов, входящих во все ключевые области, также обладает своим уровнем значимости (рис. 5).

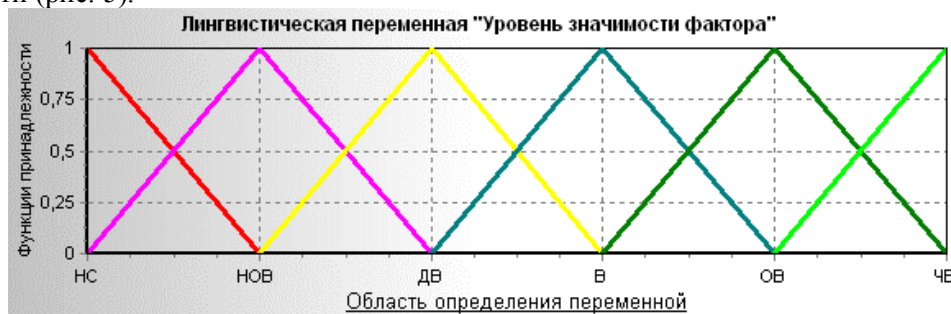


Рис. 5. Уровень значимости (веса) факторов

Условные обозначения: НС — «Несущественный»; НОВ — «Не очень важный»; ДВ — «Довольно важный»; В — «Важный»; ОВ — «Очень важный»; ЧВ — «Чрезвычайно важный»

Сохраняя предложенную ранее методологию решения задачи оценки уровня совершенства СУБ [1], соответствующая лингвистическая переменная синтезирована на базе трех нечетких переменных: «Начальный уровень совершенства (Н)», «Стабильный уровень совершенства (С)» и «Управляемый уровень совершенства (У)» с уникальными функциями принадлежности, представленными на рис. 6.

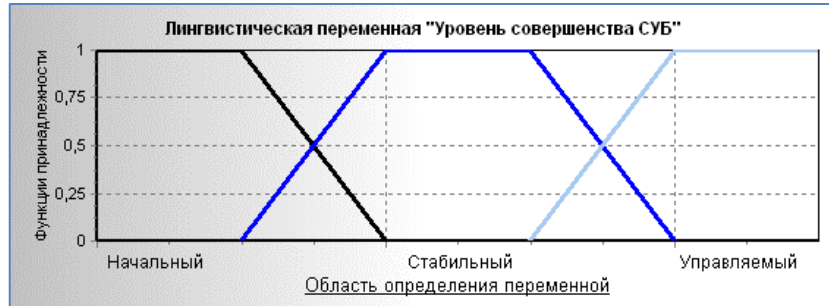


Рис. 6. Терм-множества переменной «Уровень совершенства СУБ»

Очевидно, что такая переменная может быть представлена в виде

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

где X — область определения (универсальное множество); $\mu_{\tilde{A}}(x)$ — значения функции принадлежности ($\forall x \in X$).

2.2. Формализация базы данных

Уровни значимости ключевых областей можно представить в виде нечетких множеств \tilde{P} :

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

Полученное множество является двумерным, так как значения функции принадлежности $\mu_{\tilde{P}}(c)$ являются нечеткими множествами, т. е. представимы в форме

$$\tilde{P} = \int_C \int_X \frac{\mu_{\tilde{P}}(x)}{x} \frac{\mu_{\tilde{P}}(c)}{c},$$

где X — область определения.

Аналогично, уровень значимости факторов можно представить в виде

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

Оценки Компаний по факторам:

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

Решение задачи по каждой из Компаний находится как свертка: $\tilde{D} = \tilde{P} \circ \tilde{W} \circ \tilde{Q}$, которая, очевидно, является нечетким множеством (уже не с трапециевидной функцией принадлежности).

Сравнительный анализ уровня совершенства Компаний может быть выполнен на основе 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 α -уровней чисел.

Окончательно множество решений представляется в виде

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

Здесь $\mu_{\tilde{D}}(u)$ — ранг Компании u на базе нечетких оценок из множества \tilde{D} .

Степень принадлежности Компаний к термам из \tilde{A} находится как пересечение среднего значения нечетких чисел с соответствующими графиками нечетких переменных, входящих в лингвистическую переменную «Уровень совершенства СУБ».

3. Практическая реализация

Исследуется уровень совершенства СУД трех компаний: «Альфа», «Дельта», «Омега»:

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

Факторы представлены в виде структуры

$$F = (f_i^k \mid c_k)_{i=1,10}^{k=1,6}.$$

На основании (априорных из базы знаний) экспертных заключений сформированы следующие массивы оценок:

– веса ключевых областей:

$$\tilde{P} = \left(\begin{array}{c|c|c|c|c|c} \text{ОВ} & \text{В} & \text{ДВ} & \text{В} & \text{В} & \text{В} \\ \hline c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 & c_6 \end{array} \right) =$$

$$= \left(\begin{array}{c|c|c|c|c|c} (0,5|0,8|1|1) & (0,2|0,5|0,5|0,8) & (0|0|0,2|0,5) & (0,2|0,5|0,5|0,8) & (0,2|0,5|0,5|0,8) & (0,2|0,5|0,5|0,8) \\ \hline c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 & c_6 \end{array} \right);$$

– веса факторов по ключевым областям:

$$\tilde{W} = \left(\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c} c_1 & \text{В} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{В} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{ДВ} & \text{ЧВ} \\ \hline c_2 & \text{В} & \text{НОВ} & \text{В} & \text{НОВ} & \text{В} & \text{ДВ} & \text{ОВ} & \text{В} & \text{В} & \text{В} \\ \hline c_3 & \text{ЧВ} & \text{НОВ} & \text{НС} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{ДВ} & \text{ОВ} & \text{НС} & \text{ДВ} & \text{ОВ} \\ \hline c_4 & \text{В} & \text{ДВ} & \text{ОВ} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{В} & \text{ДВ} & \text{ДВ} & \text{ДВ} & \text{ДВ} \\ \hline c_5 & \text{НОВ} & \text{В} & \text{В} & \text{НОВ} & \text{ДВ} & \text{ДВ} & \text{ОВ} & \text{В} & \text{НОВ} & \text{ДВ} \\ \hline c_6 & \text{В} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{ДВ} & \text{НОВ} & \text{В} & \text{ЧВ} & \text{НОВ} & \text{ДВ} & \text{В} \\ \hline \dots & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_6 & f_7 & f_8 & f_9 & f_{10} \end{array} \right).$$

База данных (оценки по каждой Компании):

$$\tilde{Q} = \left(\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c} c_1 & \text{С} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{С} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} \\ \hline c_2 & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{С} \\ \hline c_3 & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{С} & \text{Н} & \text{ОН} \\ \hline c_4 & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} \\ \hline c_5 & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{С} & \text{ОН} & \text{С} & \text{ОН} \\ \hline c_6 & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{С} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} \\ \hline \dots & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_6 & f_7 & f_8 & f_9 & f_{10} \end{array} \right) \oplus$$

$$\oplus \left(\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c} c_1 & \text{ОВ} & \text{ОВ} & \text{С} & \text{ОВ} & \text{С} & \text{ОВ} & \text{ОВ} & \text{С} & \text{ОВ} & \text{С} \\ \hline c_2 & \text{С} & \text{В} & \text{В} & \text{С} & \text{В} & \text{Н} & \text{В} & \text{В} & \text{С} & \text{В} \\ \hline c_3 & \text{С} & \text{В} & \text{В} & \text{С} & \text{С} & \text{В} & \text{С} & \text{В} & \text{С} & \text{С} \\ \hline c_4 & \text{В} & \text{ОВ} & \text{С} & \text{ОВ} & \text{С} & \text{В} & \text{С} & \text{С} & \text{ОВ} & \text{С} \\ \hline c_5 & \text{ОВ} & \text{В} & \text{ОВ} & \text{В} & \text{ОВ} & \text{ОВ} & \text{В} & \text{ОВ} & \text{В} & \text{Н} \\ \hline c_6 & \text{С} & \text{В} & \text{В} & \text{С} & \text{В} & \text{С} & \text{В} & \text{В} & \text{С} & \text{В} \\ \hline \dots & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_6 & f_7 & f_8 & f_9 & f_{10} \end{array} \right) \oplus$$

$$\oplus \left(\begin{array}{c|cccccccccc} c_1 & \text{ОВ} & \text{С} & \text{Н} & \text{С} & \text{Н} & \text{В} & \text{С} & \text{Н} & \text{С} & \text{Н} \\ c_2 & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} \\ c_3 & \text{Н} & \text{ОН} & \text{С} & \text{ОН} & \text{С} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{С} & \text{ОН} & \text{Н} \\ c_4 & \text{В} & \text{С} & \text{Н} & \text{Н} & \text{С} & \text{В} & \text{Н} & \text{Н} & \text{В} & \text{С} \\ c_5 & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} & \text{Н} \\ c_6 & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{ОН} & \text{Н} & \text{Н} & \text{ОН} \\ \vdots & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_6 & f_7 & f_8 & f_9 & f_{10} \end{array} \right) u_3 .$$

Исходные данные в задаче являются значениями соответствующих нечетких переменных, т. е. трапециевидные числа, поэтому и решение (их двухуровневая свертка) также представляет собой совокупность нечетких чисел (рис. 7).

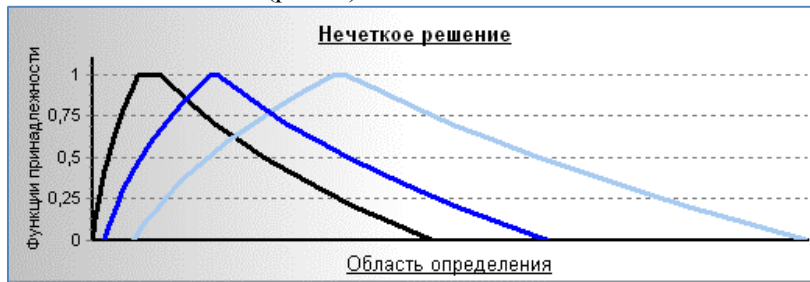


Рис. 7. Итоговые нечеткие оценки уровней совершенства

Сравнение Компаний по уровню совершенства СУБ представлено на рис. 8.



Рис. 8. Сравнение (ранжирование) Компаний

В данном случае

$$\tilde{D} = \left(\begin{array}{ccc} \boxed{0,35} & \boxed{1,00} & \boxed{0,57} \\ u_1 & u_2 & u_3 \end{array} \right).$$

На рис. 9 представлены степени принадлежности каждого из проектов нечетким множествам из \tilde{A} . Элементами построенных нечетких множеств \tilde{A}_i ($i = \overline{1,3}$) являются нечеткие множества (получены нечеткие множества второго уровня).



Рис. 9. Уровни совершенства СУБ

Например, для Компании «Омега»:

$$\tilde{A}_1 = \left(\begin{array}{cc} 0,6 & 0,4 \\ \text{Н} & \text{С} \end{array} \right).$$

Т. е. степень принадлежности уровня совершенства СУБ Компании «Омега» множеству «Начальный уровень совершенства» составляет 0,6, а множеству «Стабильный уровень совершенства» — 0,4.

Выводы

1. Предложенная концепция использования лингвистических переменных, основанная на использовании экспертных нечетких оценках факторов и ключевых областей обеспечения безопасности, позволяет упростить решение проблемы оценки уровня совершенства СУБ судоходных компаний. Разработанная методология позволяет производить многоуровневую свертку лингвистических оценок для получения обобщенного нечеткого показателя уровня совершенства.

2. Выполненная практическая апробация представленного теоретического и методического материала позволяет сделать вывод о целесообразности использования разработанной методики, что повысит значимость использования экспертных заключений в виде нечетких чисел, семантически близких высказываниям на естественном языке.

3. Исходная формализация базы знаний может быть выполнена, например, на основании метода парных сравнений по шкале Саати [5], [6], [8] путем ее приведения к лингвистическим высказываниям.

4. Перспективные исследования направлены на использование в экспертных системах по обеспечению безопасности мореплавания нечеткого логического вывода и аппарата решения оптимизационных задач на базе мягких вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. *Ротштейн А. П.* Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2001. — № 3. — С. 150.

3. *Беллман Р.* Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и принятия решений. — М.: Мир, 1976. — 46 с.

4. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. — М.: Наука, 1978. — 352 с.

5. *Саати Т. Л.* Взаимодействие в иерархических системах / Т. Л. Саати // Техническая кибернетика. — 1979. — № 1. — С. 68–84.

6. *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 имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 3(19). — С. 94–104.

7. *Айзинов С. Д.* Использование теории нечетких множеств для оценки эффективности тренажеров / С. Д. Айзинов, В. Д. Клименко, Г. С. Осипов, А. Е. Сазонов // Эксплуатация морского транспорта. — 2007. — № 2. — С. 31–33.

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

9. *Осипов Г. С.* Нечеткая экспертная система оценки уровня безопасности судоходных компаний / Г. С. Осипов, А. Е. Сазонов // Europeanresearch. — 2016. — № 3 (14). — С. 10–11. DOI: 10.20861/2410-2873-2016-14-002.

10. *Osipov G. S.* Multi-criteria analysis of systems at fuzzy criteria / G. S. Osipov // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. — 2016. — № 3–4. — Pp. 82–84. DOI: 10.20534/AJT-16-3.4-82-84.

11. *Крылов А. Н.* Собр. тр. / А. Н. Крылов. — М.-Л., 1951. — 551 с. — Т. I. — Ч. I.

12. *Соломенко Н. С.* Академик Алексей Николаевич Крылов — выдающийся математик, механик и кораблестроитель // Вестник Академии наук СССР. — 1988. — Т. 58. — № 12. — С. 70–79.

13. *Осипов Г. С.* «Свертка» показателей деятельности судоходных компаний / Г. С. Осипов // Эксплуатация морского транспорта. — 2007. — № 2. — С. 33–36.

REFERENCES

1. Sazonov, A. E., V. D. Klimenko, G. S. Osipov, and A. A. Zakharov. "Expert system for evaluation of shipping company's SMS perfection level." *Information on Ships: International symposium ISIS September 21-22, 2006*. Hamburg, Germany, 2006.
2. Rotshtein, A. P., and S. D. Shtovba. "Nechetkii mnogokriterial'nyi analiz variantov s primeneniem parnykh sravnenii." *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya* 3 (2001): 150.
3. Bellman, R., and L. Zade. "Prinyatie reshenii v rasplyvchatykh usloviyakh." *Voprosy analiza i prinyatiya reshenii*. M.: Mir, 1976.
4. Fishbern, P. *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya reshenii*. M.: Nauka, 1978.
5. Saati, T. L. "Vzaimodeistvie v ierarkhicheskikh sistemakh." *Tekhnicheskaya kibernetika* 1 (1979): 68–84.
6. Sazonov, A. E., G. S. Osipov, and V. D. Klimenko. "Using expert preference relations to assess the perfection level of ships safety management system." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(19) (2013): 94–104.
7. Aizinov, S. D., V. D. Klimenko, G. S. Osipov, and A. E. Sazonov. "Ispol'zovanie teorii nechetkikh mnozhestv dlya otsenki effektivnosti trenazherov." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 2 (2007): 31–32.
8. Osipov, G. S., and E. I. Rasputina. "Nechetkii reiting aktsii morskikh parokhodstv." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 2 (2007): 10–13.
9. Osipov, Gennadiy Sergeevich, and Anatoliy Efimovich Sazonov. "Fuzzy expert system of shipping companies safety assessment." *Europeanresearch* 3(14) (2016): C. 10–11. DOI: 10.20861/2410-2873-2016-14-002
10. Osipov, G. S. "Multi-criteria analysis of systems at fuzzy criteria." *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences* 3–4 (2016): 82–84. DOI: 10.20534/AJT-16-3.4-82-84
11. Krylov, A. N. *Sobr. tr.* Vol. I. Part I. M.; L., 1951.
12. Solomenko, N. S. "Akademik Aleksei Nikolaevich Krylov – vydayushchiysya matematik, mekhanik i korablestroitel'." *Herald of the Russian Academy of Sciences* 58.12 (1988): 70–79.
13. Osipov, G. S. "«Svertka» pokazatelei deyatelnosti sudokhodnykh kompanii." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 2 (2007): 33–36.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сазонов Анатолий Ефимович – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: sazonst@yandex.ru

Sazonov, Anatoly E.— Dr. of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
e-mail: sazonst@yandex.ru

Осипов Геннадий Сергеевич— доктор технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: GSOsipov@mail.ru
+7 921 3153797

Osipov, Gennady S.— Dr. of Technical Sciences
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
e-mail: GSOsipov@mail.ru