

УДК 004.891.2

АЛГОРИТМ СБОРА И АНАЛИЗА ЭКСПЕРТНЫХ МНЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОБЪЕКТАМИ УЧЁТА НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА

В. В. Тишкина, старший преподаватель кафедры ВПМ РГПТУ, Рязань, Россия;
orcid.org/0000-0002-6320-3513, e-mail: LeraTishkina@mail.ru

Предметом исследования являются методики, связанные с определением количества экспертов, необходимых для сбора мнений, которые в дальнейшем будут использоваться при анализе объекта управления. Так как в работе рассматривается задача управления объектами учёта, то с экспертов будет собираться информация о соответствии численных интервалов качественным характеристикам каждого из финансовых показателей. Предлагаемая методика позволяет за один сбор экспертных мнений определить согласованные интервалы по каждой из качественных характеристик финансового показателя в независимости от количества экспертов. Целью работы является разработка алгоритма сбора и анализа экспертных мнений, позволяющая получить согласованный интервал мнений за один сбор экспертных мнений.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, экспертная система, нечёткие множества, сбор экспертных мнений, анализ экспертных мнений.

DOI: 10.21667/1995-4565-2021-77-93-100

Введение

Методика начинается с организации и проведения опроса экспертов по численным параметрам функций принадлежности. Число экспертов определяет руководитель организации. На данном этапе важными являются анализ результатов экспертных оценок и выбор метода обобщения множества экспертных оценок. При этом предварительно необходимо собрать экспертов и определить процедуру сбора мнений экспертов.

На основе рассчитанных числовых параметров вступают в работу обработка и определение методов согласования экспертных оценок. Здесь возникает вопрос о выборе типа метода, с помощью которого на основе разрозненных методов экспертов можно будет прийти к определенным числовым параметрам функции принадлежности, которые будут в дальнейшем использоваться для построения функций принадлежности, характеризующих разные финансовые показатели, описывающие анализируемую организацию.

Теоретические исследования

Экспертный опрос – это метод сбора информации, основанный на мнениях о каком-либо явлении или процессе группы компетентных специалистов, называемых экспертами [1].

Экспертный опрос необходим для повышения надежности, обоснования информации и выводов по определённой предметной области. В данной работе предметной областью является управление объектами учёта. Экспертный опрос – это один из наиболее распространенных методов при разработке систем принятия решений.

Подготовка к экспертному опросу состоит из шести этапов, представленных на рисунке 1.



Рисунок 1 – Этапы экспертного опроса
Figure 1 – Stages of Expert Survey

Ниже описаны этапы, приведённые на рисунке 1.

Первый этап – **формулировка цели экспертизы**. К этому этапу также можно отнести формулирование задач (подцелей) экспертного опроса.

Второй этап – **определение характеристик объекта экспертизы**. На этом этапе необходимо определить финансовые показатели, предлагаемые экспертам для оценивания, а также задать оценочную шкалу.

Третий этап – **формирование экспертной группы**. Необходимо сформировать общий список экспертов и определить их достаточное количество. Эксперт, которому будет предложено установить численные параметры разрабатываемых функций принадлежности финансовых коэффициентов, должен обладать соответствующими знаниями, подтвержденными документально, и иметь должность, дающую ему право выступать в качестве эксперта. В силу этого дополнительно вводится коэффициент комплексной самооценки эксперта, представленный в формуле (1)

$$K_c = \frac{k_u + k_{pr}}{2}, \quad (1)$$

где K_c – комплексная самооценка эксперта, k_u – коэффициент информированности, k_{pr} – коэффициент знакомства с проблемой.

Проведение опроса экспертов по численным параметрам функции принадлежности начинается с **определения способа экспертного оценивания** и в дальнейшем, **проведения экспертизы**.

После проведения опроса среди экспертов встает задача **обработки и анализа результатов экспертизы**.

По сравнению с алгоритмами сбора экспертных мнений, в которых каждому эксперту предлагается проставить к уже заранее известным числовым интервалам степень согласия с тем или иным количественным интервалом (степень согласия измеряется от 0 до 1), алгоритм, в котором каждый эксперт оценивает каждую из качественных характеристик тем количественным интервалом, который считает нужным, более удобен, так как дает эксперту определенную свободу в выборе.

Также удобство алгоритма заключается в том, что опрос экспертов происходит только один раз, что свидетельствует о меньших временных затратах (в отличие, например, от метода Дельфи).

Метод мозгового штурма тоже неудобен для данной предметной области в силу того, что после применения метода могут быть слишком разнообразные варианты, которые в дальнейшем будет невозможно привести к общему знаменателю [2].

Поэтому при дальнейшем анализе экспертных мнений будет использоваться алгоритм нахождения согласованных интервалов.

Экспериментальные исследования

Целью экспертизы является анализ каждого из показателей, характеризующего объект управления.

Как правило, каждое из значений, которое может принимать финансовый показатель, определяется в терминах нечетких множеств как крайне неудовлетворительное, неудовлетворительное, удовлетворительное, хорошее, отличное и т.д.

Совокупность значений, выраженных качественно, можно представить множеством (2).

$$C = \{KH; H; U; X; O\}, \quad (2)$$

где C – совокупность значений, которые может принимать каждый из финансовых показателей; KH – крайне неудовлетворительное; H – неудовлетворительное; U – удовлетворительное; X – хорошее; O – отличное.

В работе будут анализироваться 28 финансовых показателей, которыми может быть охарактеризован объект управления.

К этим показателям относятся показатели деловой активности, оборачиваемости, рентабельности, платежеспособности, финансовой устойчивости.

Необходимое количество экспертов на основе статистического подхода [3] можно найти по формуле (3)

$$N_s = \frac{t_\alpha^2}{\varepsilon_1}, \quad (3)$$

где N_s – необходимое количество экспертов; t_α – показатель достоверности для заданной доверительной вероятности полученного результата; ε_1 – предельно допустимая ошибка, выраженная в долях среднеквадратического отклонения σ ; σ – среднеквадратическое отклонение.

Зависимость ε_1 от σ представлена в формуле (4)

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon}{\sigma}, \quad (4)$$

где ε – абсолютная погрешность.

В таблице 1 представлены соответствующие вероятностям P_g доверительные интервалы. Выбранная в работе вероятность 0,95 соответствует доверительному интервалу $\pm 1,96\sigma$.

Таблица 1 – Доверительные вероятности и доверительные интервалы
Table 1 – Confidence Probabilities and Confidence Intervals

Вероятности (P_g)	Интервалы
0,95	$\pm 1,96 \sigma$
0,99	$\pm 2,58 \sigma$
0,999	$\pm 3,03 \sigma$

Таким образом, количество экспертов (3) и (4) будет рассчитано следующим образом в формулах (5) и (6):

$$\varepsilon_1 = 1 - P_g = 1 - 0,95 = 0,05. \quad (5)$$

$$N_g = \frac{1,96^2}{0,05} \approx 77. \quad (6)$$

Для определения необходимого количества экспертов по методу проведения собственного случайного бесповторного отбора [4] можно воспользоваться формулой (7):

$$N_g = \frac{t_\alpha^2 \times p_g \times q_g}{\varepsilon_1}, \quad (7)$$

где p_g – количество экспертов в процентном соотношении, обладающих необходимыми признаками; q_g – количество экспертов в процентном соотношении, не обладающих обследуемыми признаками.

Так как невозможно на этом этапе утверждать, какое количество экспертов будет обладать необходимыми признаками, примем допущение, что половина экспертов обладает необходимыми признаками, а половина экспертов не обладает необходимыми признаками, т.е. (8)

$$p_g = q_g = 0,5. \quad (8)$$

Для формулы (8) получим необходимое количество экспертов, рассчитанное в формуле (9):

$$N_g = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,05} \approx 19. \quad (9)$$

В работе [5] представлена формула (10) для определения числа экспертов

$$N_g = 0,5 \times \left(\frac{3}{\varepsilon_1} + 0,5 \right). \quad (10)$$

Приняв предельно допустимую ошибку, как и ранее, равной 0,05, получим (11)

$$N_g = 0,5 \times \left(\frac{3}{0,05} + 0,5 \right) \approx 30. \quad (11)$$

Поэтому на основе методов определения оптимального количества экспертов, необходимых для решения задачи, можно получить следующий оптимальный диапазон числа экспертов, представленный в (12):

$$19 \leq N_g \leq 77, \quad (12)$$

где N_g – необходимое количество экспертов.

Для проведения экспертизы был выбран анкетный метод.

Каждому эксперту предлагается заполнить анкету, в которой надо указать соответствие числовых интервалов качественным характеристикам финансовых показателей.

Пример части анкеты, заполненной одним экспертом по одной качественной характеристике, представлен в таблице 2. Каждый эксперт должен заполнить числовые интервалы по каждой из качественных характеристик каждого финансового показателя. То есть, если в данной работе анализируется 28 показателей, которые охарактеризованы пятью качественными характеристиками, то каждому эксперту необходимо назначить 140 числовых интервалов.

Таблица 2 – Часть заполненного экспертом опросника
Table 2 – Part of Questionnaire Completed by Expert

Название коэффициента (диапазон рассматриваемых значений от 0 до 1)	Характеристика коэффициента	Соответствующий интервал
Коэффициент собственности	Крайне неудовлетворительное	[0; 0,1]
	Неудовлетворительное	[0,1; 0,3]
	Удовлетворительное	[0,3; 0,5]
	Хорошее	[0,5; 0,8]
	Отличное	[0,8; 1]
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	Крайне неудовлетворительное	[0; 0,05]
	Неудовлетворительное	[0,05; 0,1]
	Удовлетворительное	[0,1; 0,4]
	Хорошее	[0,4; 0,7]
	Отличное	[0,7; 1]
Доля просроченной кредиторской задолженности в пассивах	Крайне неудовлетворительное	[0,7; 1]
	Неудовлетворительное	[0,5; 0,7]
	Удовлетворительное	[0,1; 0,5]
	Хорошее	[0,05; 0,1]
	Отличное	[0; 0,05]

После обработки и приведения разрозненных экспертных мнений к согласованным интервалам можно в дальнейшем использовать найденные согласованные интервалы при построении функций принадлежности [6-8].

Далее по алгоритму нахождения согласованных интервалов на основе полученных от экспертов интервалов используется модифицированный алгоритм А. Шера. Модификация алгоритма заключается в измененном алгоритме нахождения непересекающихся интервалов и вводе коэффициента комплексной самооценки эксперта.

Алгоритм заключается в том, что вначале выделяются все числовые интервалы отдельной качественной характеристики отдельного финансового показателя всех экспертов. Затем из всего множества числовых интервалов находятся непересекающиеся интервалы. Далее анализируется, входит ли каждый численный интервал, предложенный экспертом, в каждый из непересекающихся интервалов. На основе этого анализа и введения коэффициентов комплексной самооценки эксперта вычисляется комплексное мнение экспертного совета, и далее, анализируется рассогласование мнения каждого эксперта с мнением экспертного совета. Выбирается тот интервал, у которого величина рассогласования самая минимальная.

На рисунке 2 представлен электронный вариант анкеты, заполняемый экспертом и вводимый им по каждому из рассматриваемых финансовых показателей. На рисунке 2 экспертом были введены значения из таблицы 2.

Коэффициент комплексной самооценки эксперта также заполняется в этом документе. Его заполнение представлено на рисунке 2. Коэффициент комплексной самооценки состоит из суммы коэффициента информированности и коэффициента знакомства с проблемой, деленных на 2. Коэффициент информированности и коэффициент знакомства с проблемой вводятся и оцениваются экспертом самостоятельно, коэффициент комплексной самооценки эксперта рассчитывается автоматически.

N	Финансовый коэффициент	Качественная характеристика	Начало интервала	Окончание интервала
1	Коэффициент собственности	Крайне неудовлетворительный	0	0,10
2	Коэффициент собственности	Неудовлетворительный	0,1	0,30
3	Коэффициент собственности	Удовлетворительный	0,3	0,50
4	Коэффициент собственности	Хороший	0,5	0,80
5	Коэффициент собственности	Отличный	0,8	1,00

Рисунок 2 – Окно анкеты эксперта
Figure 2 – Expert Questionnaire Window

На рисунке 3 представлен интерфейс обработки согласования экспертных оценок.

N	Эксперт	Признак	Характеристика	Начало	Окончание	Коэффи
1	Эксперт1	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,10	0,30	
2	Эксперт2	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,20	0,50	
3	Эксперт3	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,50	0,60	
4	Эксперт4	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,20	0,30	
5	Эксперт5	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,40	0,50	
6	Эксперт6	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,60	0,80	
7	Эксперт7	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,50	0,60	
8	Эксперт8	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,70	0,71	
9	Эксперт9	Коэффициент собст...	Удовлетворительное	0,30	0,40	

Рисунок 3 – Согласование экспертных оценок
Figure 3 – Coordination of Expert Assessments

На первом этапе в обработку загружаются все мнения экспертов касательно того или иного показателя анализа, его качественной характеристики и соответствующего интервала, границы которого представлены количественно.

На втором этапе вычисляются множество непересекающихся интервалов.

На третьем этапе обработки «Согласование экспертных оценок» рассчитывается принадлежность множества непересекающихся интервалов к рассматриваемым интервалам, с учетом коэффициента комплексной самооценки эксперта.

На четвертом этапе выделяется один согласованный интервал.

Программный комплекс реализован на платформе «1С: Предприятие».

Заключение

Разработаны алгоритм сбора экспертных мнений и формирование на его основе рекомендаций, которые могут быть применимы для автоматизированного управления объектом учета на основе нечетко-множественного подхода, что позволяет сформировать математическую модель управления объектом учета за одну итерацию сбора экспертных мнений. Результаты, полученные от экспертов, обрабатываются и сводятся к численным параметрам функций принадлежности, которые в дальнейшем строятся для каждой качественной характеристики каждого из показателей анализа, характеризующих объект управления. Сбор и анализ экспертных мнений реализованы в программном комплексе, разработанном на платформе «1С: Предприятие». Приведенный алгоритм позволяет обработать рассогласованные числовые интервалы, соответствующие качественным характеристикам показателей анализа от каждого эксперта, и вывести согласованный интервал, соответствующий каждой своей функции принадлежности. От существующих алгоритмов их отличают более быстрый алгоритм нахождения непересекающихся интервалов и использование весов, которые каждый эксперт назначает себе самостоятельно при заполнении анкеты. Приведенный алгоритм анализа экспертных мнений позволяет уменьшить сложность вычислений по сравнению с алгоритмами перебора и сравнения в два раза.

Библиографический список

1. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
2. **Круглов В. В., Дли М. И.** Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. М.: Физматлит, 2002.
3. **Медников М. Д., Домбровский А. В.** Нечетко-множественный анализ в антикризисном менеджменте // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2008. № 2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nechetko-mnozhestvennyy-analiz-v-antikrizisnom-menedzhmente> (дата обращения: 09.06.2021).
4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 6. URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=17924> (дата обращения: 03.05.2020).
5. **Kosko B.** Fuzzy systems as universal approximators // IEEE Transactions on Computers, vol. 43, no. 11, November 1994, pp. 1329-1333.
6. **Tishkina V. V., Pylkin A. N., Kroshilin A. V., Kroshilina S. V.** «Designing a System for Analyzing the Activities of Enterprises Using Artificial Intelligence Methods», 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), June 10th-14th, 2018, Budva, Montenegro, pp. 157-160.
7. **Tishkina V. V., Pylkin A. N., Kroshilin A. V.** «Application of fuzzy logic in decision support system for analysis of condition enterprises». International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018, September 9th-16th, 2018, Sochi, Russian Federation.
8. **Tishkina V. V., Pylkin A. N., Kroshilin A. V., Kroshilina S. V.** «The Software of a Mobile Application for Analyzing a Management Object based on Using Semantic Networks», 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), June 10th-14th, 2019, Budva, Montenegro, pp. 266-269.

UDC 004.891.2

ALGORITHM FOR COLLECTION AND ANALYSIS OF EXPERT OPINIONS TO FORM RECOMMENDATION BASE FOR MANAGING ACCOUNTING OBJECTS BASED ON FUZZY-MULTIPLE APPROACH

V. V. Tishkina, lecturer, RSREU, Ryazan, Russia;
orcid.org/0000-0002-6320-3513, e-mail: LeraTishkina@mail.ru

The subject of the study in this article is the methods associated with determining the number of experts required to collect opinions, which will be used in the future when analyzing the management object. Since the task of managing accounting objects is considered in the work, information on the correspondence of numerical intervals to the qualitative characteristics of each of the financial indicators will be collected from the experts. The proposed methodology allows one collection of expert opinions to determine the agreed intervals for each qualitative characteristic of the financial indicator, regardless of expert number of.

Key words: decision support system, expert system, fuzzy sets, collection of expert opinions, analysis of expert opinions.

DOI: 10.21667/1995-4565-2021-77-93-100

References

1. **Zade L.** *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh reshenij.* Moscow: Mir, 1976 (in Russian).
2. **Kruglov V. V., Dli M. I.** *Intellectual'nye informacionnye sistemy: komp'yuternaya podderzhka sistem nechetkoj logiki i nechetkogo vyvoda.* Moscow: Fizmatlit. 2002 (in Russian).
3. **Mednikov M. D., Dombrovskij A. V.** Nechetko-mnozhestvennyy analiz v antikrizisnom menedzhmente. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki.* 2008, no. 2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nechetko-mnozhestvennyy-analiz-v-antikrizisnom-menedzhmente> (date of request: 09.06.2021) (in Russian).
4. Informacionnye sistemy i tekhnologii v ekonomike i upravlenii. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik.* 2017, no. 6. URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=17924> (date of request: 03.05.2020) (in Russian).
5. **Kosko B.** Fuzzy systems as universal approximators. *IEEE Transactions on Computers*, vol. 43, no. 11, November 1994, pp. 1329-1333.
6. **Tishkina V. V., Pylkin A. N., Kroshilin A. V., Kroshilina S. V.** «Designing a System for Analyzing the Activities of Enterprises Using Artificial Intelligence Methods». *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, June 10th-14th, 2018, Budva, Montenegro, pp. 157-160.
7. **Tishkina V. V., Pylkin A. N., Kroshilin A. V.** «Application of fuzzy logic in decision support system for analysis of condition enterprises». *International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018*, September 9th-16th, 2018, Sochi, Russian Federation.
8. **Tishkina V. V., Pylkin A. N., Kroshilin A. V., Kroshilina S. V.** «The Software of a Mobile Application for Analyzing a Management Object based on Using Semantic Networks». *8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, June 10th-14th, 2019, Budva, Montenegro, pp. 266-269.