

**Abstract**

Back propagation of error algorithm is one of the training methods of artificial neural network. Its creation gave an additional incitement to the development of artificial neural network theory. An increase and appearance of the new tasks had led to the appearance of hybrid algorithms based on classical and stochastic ones. They emphasize the advantages and decrease the drawbacks of each other. The article suggests the hybrid training algorithm of neural network based on the ant colony and back propagation of error algorithms. The ant colony algorithm is used to choose the priority ways of moving along the neural network and to change the network balance with the help of pheromones.

In comparison with the basic algorithm the ant colony one is changed. Instead of distance records between each pair of connected nodes and total network error records, they use the record of error value on the each exit node at the end of each ant travel.

In the modified algorithm, each network weight changes the coefficient with the glance of the value of pheromone matrix elements, the error on the each node of exit layer and suggested function for pheromone accounting. The algorithm performance was checked on the famous databases [<http://archive.ics.uci.edu/ml/>]. The results of the experiments show that in comparison with another algorithm the modified one accelerates the training of neural network. The algorithm implementation was approved on the Microsoft SQL Server 2005 in Analysis Services. It will help to apply suggested algorithm to solve another problems of classification

**Keywords:** neural network, ant colony optimization, back propagation algorithm, hybrid algorithm, neural network training

УДК 004.827

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕЧЕТКОЙ НЕСОГЛАСОВАННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

**Ю. В. Ульяновская**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
Академия таможенной службы Украины  
ул. Дзержинского, 2/4, г. Днепропетровск, Украина,  
49000

Контактный тел.: 095-833-79-33, 067-975-5115

E-mail: uyv@rambler.ru

У статті розглядається питання обробки нечіткої експертної інформації. Запропоновано графічне представлення отриманих даних. Розглянуто питання про отримання групової оцінки альтернатив при неузгодженій думці експертів з використанням дискретної функції приналежності та методів кластерного аналізу

**Ключові слова:** експерти оцінки, нечітка інформація, кластерний аналіз

В статье рассматривается вопрос обработки нечеткой экспертной информации. Предложено графическое представление полученных данных. Рассмотрен вопрос о получении групповой оценки альтернатив при несогласованных мнениях экспертов с использованием дискретной функции принадлежности и методов кластерного анализа

**Ключевые слова:** экспертные оценки, нечеткая информация, кластерный анализ

**Вступлення**

Класс задач, решение которых основано на экспертных данных, достаточно велик. К таким задачам относятся задачи планирования, оценки платежеспособности предприятий и физических лиц, оценки рисков, задачи классификации и экспертного оценивания предметов и т.д. При этом экспертная информация

в большинстве случаев носит нечеткий, лингвистический характер. Это обусловлено тем, что человеку более свойственно характеризовать понятия на естественном языке.

В качестве примера можно привести оценку роста человека, для определения которого люди используют нечеткие переменные «высокий», «средний» и др. Таким образом, при экспертном оценивании наиболее

естественно ожидать оценки типа «хороший», «старый» и т.д.

Однако при обработке экспертной информации и построении моделей принятия решений необходимо не только описывать объекты, но и сравнивать объекты между собой, знать насколько один объект превосходит другой, в каком порядке относительно друг друга они располагаются. В этом случае встает вопрос о ранжировках и построении отношений на множестве альтернатив [1]. Необходимо отметить, что любая предметная область, с которой работают эксперты, не является постоянной и может изменяться с течением времени скачкообразно или постепенно, в связи с этим в работе [2] были построены отношения, учитывающие возможность изменения информации с течением времени.

В экспертизе обычно участвует группа лиц, при этом не исключена возможность, что одна и та же группа специалистов может сходить во мнении относительно оценки одного объекта экспертизы и иметь расхождения относительно другого объекта. Поэтому одной из наиболее важных проблем при обработке мнений экспертов является проверка согласованности, классификация или обобщение экспертной информации [3].

Разработан ряд методов такой проверки. В работе [4] отмечается, что статистические методы проверки согласованности зависят от математической природы ответов экспертов.

Соответствующие статистические теории весьма трудны, если эти ответы - ранжировки или разбиения, и достаточно просты, если ответы - результаты независимых парных сравнений.

---

### Постановка задачи

---

Пусть имеется  $n$  экспертов  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Экспертам предлагается оценить множество альтернатив  $\Xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l\}$  определяя их значениями терм - множества  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_\mu\}$  указывая при этом число  $\mu$  из интервала  $[0; 1]$ , характеризующее степень соответствия альтернативы  $\xi_i$  выбранному терму  $t_k$ . Таким образом, каждая оценка  $x_j$  эксперта альтернативы  $\xi_i$  будет задана точкой  $\xi_{ij}^m$  в двумерном пространстве. Получим дискретную функцию принадлежности, построенную прямым методом для группы экспертов, мнения которых могут совпадать либо быть не согласованными. Определим понятие согласованности в соответствии с работой [4]:

Пусть  $A$  - нечеткий ответ эксперта относительно альтернативы. Будем считать, что соответствующая функция принадлежности есть сумма двух слагаемых:

$$\mu_A(\xi) = \mu_{N(A)}(\xi) + \Delta_A(\xi), \quad (1)$$

где  $N(A)$  - «истинное» нечеткое множество, а  $\Delta_A(\xi)$  - «погрешность» эксперта как прибора. Естественно рассмотреть две постановки.

В соответствии с работой [4], мнения экспертов  $A(1), A(2), \dots, A(n)$  считаются согласованными, если

$$N(A(1)) = N(A(2)) = \dots = N(A(n)). \quad (2)$$

Рассмотрим две группы экспертов. В первой у всех «истинное» мнение  $N(A)$ , а во второй у всех -  $N(B)$ . Две группы будем считать согласованными по мнениям, если  $N(A) = N(B)$ .

Целью данной работы является разработка метода обработки несогласованных экспертных данных.

---

### Анализ методов и алгоритмов решения.

---

На сегодняшний день для различных типов экспертной информации разработаны соответствующие методы ее обработки. Однако вопрос неполноты и нечеткости рассмотрен не достаточно.

Методы, используемые в настоящее время для получения экспертных оценок, достаточно многочисленны и разнообразны. Выбор метода определяется характером анализируемой информации. Для получения качественных оценок используются парные сравнения, множественные сравнения, методы ранжирования и т.д. Для получения количественных оценок используются непосредственная численная оценка альтернатив, метод Черчмена-Акофа и др. [2]. Применение методов анализа и обработки экспертной информации зависит от характера измерений. Не смотря на широкое развитие методов экспертных оценок ряд вопросов, связанных с нечеткими экспертными оценками остается открытыми. Среди них можно выделить следующие: не достаточно разработаны методы сравнительной оценки методов экспертного оценивания, для нечетких моделей требуют развития методы построения множеств лингвистических значений признаков.

Формальное усреднение результатов экспертного опроса и применение классической теории вероятности и методов математической статистики для обработки экспертных мнений, выраженных в виде нечетких данных, не всегда дают адекватный результат, поскольку в случае небольшого различия во мнениях экспертов усреднение позволит выделить общее, отбросив случайные отклонения. В случае большого разброса усреднение даст результат, далекий от истины. Это обуславливает необходимость разработки методов обработки экспертных данных, представленных в лингвистическом виде.

---

### Результаты исследования

---

Как отмечается в работе [4], часто рекомендуют проверять согласованность ранжировок с помощью коэффициента ранговой конкордации Кендалла-Смита. При этом проверяется нулевая гипотеза, согласно которой ранжировки независимы и равномерно распределены на множестве всех ранжировок. При принятии этой гипотезы, ни о какой согласованности мнений экспертов говорить нельзя. В случае отклонения гипотезы - тоже нельзя. Например, может быть два или больше центра, около которых группируются ответы экспертов.

При этом мнения экспертов являются несогласованными.

Рассмотрим описанный выше случай применительно к задаче. В работе [5] рассматривается во-

прос о возможности принятия решения в интеллектуальных системах при неполных исходных данных, а именно в зависимости от количества признаков, значения которых неопределенно и степени их важности для идентификации. Важность признаков, описывающих объекты идентификации, задаются экспертами. Пусть имеется  $n$  экспертов  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ .

Экспертам предлагается оценить множество альтернатив,  $\Xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l\}$ , которое в данной постановке задачи является множеством признаков, определяя их важность значениями терм - множества  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_l\} = \{\text{Неважно (НВ)}, \text{важность ниже среднего (ВНС)}, \text{средняя важность (СВ)}, \text{важность выше среднего (ВВС)}, \text{высокая важность (ВВ)}\}$ , указывая при этом число из интервала  $[0; 1]$ , характеризующее степень соответствия альтернативы  $\xi_i$  выбранному терму  $t_j$ .

Таким образом, каждая оценка  $x_j$  эксперта альтернативы  $\xi_i$  будет задана точкой  $\xi_{ij}^{\mu}$  в двухмерном пространстве.

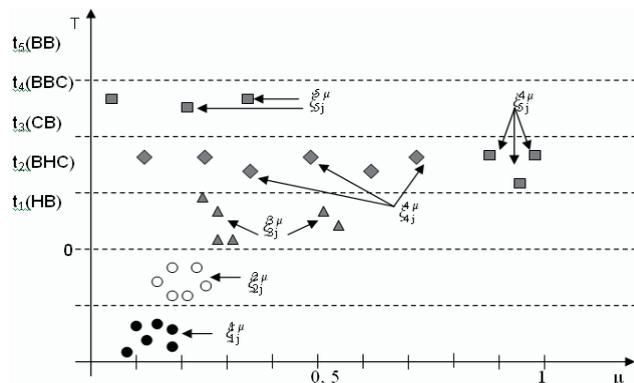


Рис. 1. Графическое представление оценок шестью экспертами пяти альтернатив, где каждой альтернативе соответствует свое обозначение

При таком подходе для каждой альтернативы из множества  $\Xi$  будет соответствовать свое распределение.

Исходя из рисунка, можем предположить, что множества  $\xi_{1j}^{\mu}$ ,  $\xi_{2j}^{\mu}$  иллюстрируют согласованность экспертов.

Пусть для множества  $\xi_{3j}^{\mu}$  имеем оценки экспертов, приведенные в табл. 1.

Применяя метод классификации с предварительным заданием количества кластеров и без ограничений получим различные результаты (рис. 2).

Необходимо отметить, что методы кластерного анализа являются эвристическими и достаточно проблематично строго теоретически обосновать допустимость объединения двух кластеров в один.

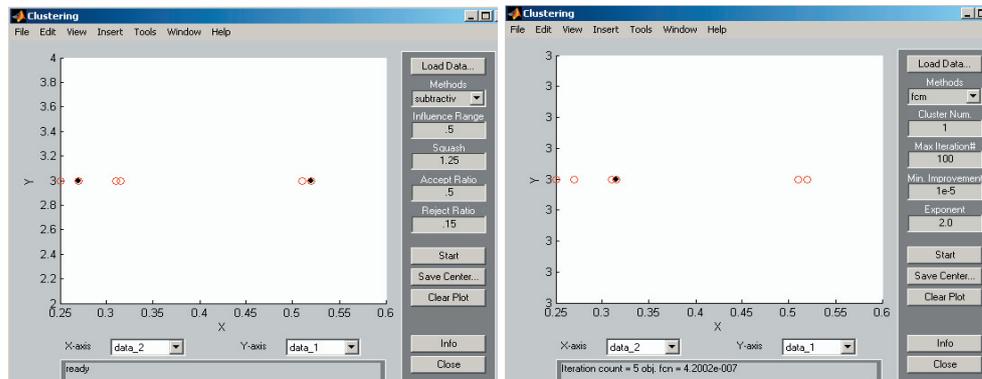


Рис. 2. Зависимость результатов классификации от параметров настройки

Таблица 1

Экспертная оценка альтернативы  $\xi_3$

Эксперт	Номер термина	Степень соответствия альтернативы $\xi_3$ терму $t_3$
$x_1$	3	0.25
$x_2$	3	0.27
$x_3$	3	0.31
$x_4$	3	0.315
$x_5$	3	0.51
$x_6$	3	0.53

Одним из вариантов решения описанной проблемы является объединение сходных мнений экспертов в группы. При этом среднее мнение можно найти как решение оптимизационной задачи: минимизировать суммарное расстояние от кандидата в средние до мнений экспертов.

Найденное таким способом среднее мнение называют «медианой Кемени».

Приведенную выше ситуацию будем называть «условной согласованностью». Возможность принятия одного центра приемлема, когда он находится в группе большинства, или эксперты группы являются более опытными, их мнения более весомы. Рассмотрим способ выбора итогового мнения для случая нескольких согласованных групп экспертов. Решение этой задачи возможно с помощью применения метода медианы или среднего арифметического. Пусть в группе из  $n$  экспертов  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  выделены группы  $X_1, X_2, \dots, X_m$  экспертов, мнения которых согласованы. Для каждой из  $m$  групп вычислим вес коллективного мнения как среднее значение компетентности экспертов, входящих в группу.

Обозначим через  $k_i$  - компетентность  $x_i$  эксперта. Обозначим через  $K_j$  вес  $X_j$  группы, который будет вычисляться как

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} k_i}{m_j}, \tag{3}$$

где  $m_j$  - количество экспертов  $X_j$  группы.

В приведенном примере это группы  $X_1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$  и  $X_2 = \{x_5, x_6\}$ . Предположим, квалификация экспертов оценивается в шкале  $1, \dots, 10$ . Для оценки может быть использована процедура тестирования контрольной выборки или иная, заранее выбранная методика.

Предположим, в результате получен следующий вектор оценок компетентности экспертов  $K=\{5, 7, 3, 5, 6, 7\}$ , где  $k_1=5$  - оценка для эксперта  $x_1$ ,  $k_2=7$  - эксперта  $x_2$  и т.д.

Для оценки веса каждой группы возьмем среднее значение оценок экспертов, входящих в группу. Таким образом получим, что вес группы  $X_1$  равен  $K_1=5$ , а группа  $X_2$  имеет вес  $K_2 = 6,5$ .

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости принятия в качестве результирующего мнения относительно альтернативы  $\xi_3$  мнение эксперта  $x_5$  и считать, что признак  $\xi_3$  имеет для идентификации среднюю важность на 0,53. В случае, когда вес каждой группы окажется одинаковым, вы-

бирается группа, включающая большее количество экспертов.

---

### Выводы

---

В работе предложен метод обработки нечеткой экспертной информации при оценке альтернатив группой экспертов. Рассмотрен случай относительной согласованности. В качестве дополнительного параметра, влияющего на результат оценивания, был предложен вес компетентности группы экспертов. Перспективным является дальнейшее исследование экспертных данных, имеющих разброс.

---

### Литература

1. Ульяновская Ю.В. Анализ мер близости объектов для различных типов экспертной информации [Текст]/ Мороз Борис Иванович, Ульяновская Юлия Викторовна // АСУ и приборы автоматики. - 2008. – Вып. 144. -С. 194-198.
2. Статистические методы анализа экспертных оценок // Сб. наук. ст. Ученые записки по статистике/ [редкол.: Т.В. Рябушкин (отв. ред.), Г.И. Бакланов, А.Г. Волков и др.] - М.: Наука, 1997. -Т.29. - 385С.
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа / Борис Григорьевич Литвак,- М.: Радио и связь, 1982 - 184 с.
4. Орлов А. И. Прикладная статистика: Учебник. / А.И.Орлов.- М.: «Экзамен», 2004. - 656 с.
5. Ульяновська Ю.В. Метод визначення коефіцієнта можливості прийняття рішення в експертних системах при неповних входних даних [Текст] /Мороз Борис Іванович, Ульяновська Юлія Вікторівна // Вісник Академії митної служби України. - 2004. - № 4. - С. 45-51.

### Abstract

*The article concerns the application of cluster analysis for expert opinions processing. The problem class, where expert opinions are used, is rather wide. Thereafter, many methods of expert information are developed. However, the problem of processing of uncoordinated expert information has not been examined enough. In particular, there are problems of definition of experts' group opinion, consistency of experts' opinions. There are no ranking methods of uncoordinated alternatives. Application of classic methods of probability theory and mathematical statistics to solve the problems does not always provide appropriate results. Therefore, to determine the general opinion of expert group, it is suggested to use the methods of cluster analysis. It was shown that the application of different methods provides various results. Disambiguation is possible by assessment of experts' competence. Graphical representation of expert opinions is suggested. The research results can be used in intelligence systems, making decisions based on the analysis of uncoordinated expert information.*

**Keywords:** expert opinions, uncoordinated information, clustering