Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Ю.Т. ЗЫРЯНОВ, О.В. МЕЛЬНИК

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

Экспертные системы

Для студентов, обучающихся по направлению:
211000.68 – «Конструирование и технология электронных средств»

Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2013

УДК 621.38
ББК 32.85
М-

Р е ц е н з е н т ы:
Ведущий специалист воронежского филиала
ОАО «Воентелеком», кандидат технических наук,
доцент Букин М.В.
Доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
Иванов А.В.

Зырянов, Ю.Т.
М- Лабораторный практикум по дисциплине «Экспертные системы»/ Ю.Т. Зырянов, О.В. Мельник – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. –40 с. – 100 экз.

В лабораторном практикуме представлены задания, предназначенные для изучения экспертных систем.

Настоящий лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению 211000.68 – «Конструирование и технология электронных средств», а также может быть использовано студентами смежных специальностей и разных форм обучения.

УДК
ББК

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Экспертные системы – вычислительные информационные системы, в которые включены знания специалистов о некоторой конкретной области и которые в пределах этой области способны принимать экспертные решения.

Экспертные системы (ЭС) нашли применение в следующих областях:

- медицинская диагностика;
- геологическая разведка;
- распознавание образов;
- органическая химия;
- обнаружение неисправностей в электронном оборудовании: диагностика и тестирование.

Экспертные системы положили начало совокупности методов инженерии знаний по созданию высокоэффективных программных средств революционного направления. При этом экспертные системы - наиболее значительное практическое достижение в области систем искусственного интеллекта.

Основные усилия направлены на поиск универсальных методов решения с целью разработки общих принципов, не зависящих от специфики конкретной области. Главное – создание оболочки, в которую можно вносить конкретные знания.

В данном лабораторном практикуме приведены работы, позволяющие освоить работу с экспертными системами.

Лабораторная работа №1. Назначение, свойства и проектирование экспертных систем. Экспертное оценивание: метод ранжирования, метод парных оценок.

Цель работы: изучить назначения, свойства и этапы проектирования ЭС, основные связанные понятия. Выполнить экспертное оценивание с помощью методов ранжирования и парных оценок.

Ход выполнения работы:

Ознакомиться с:

1. Экспертными системами, их назначением, свойствами, методами проектирования.
2. Выявлением знаний от экспертов.
3. Методами ранжирования и парных сравнений.
4. Выполнить задание методом ранжирования и парных сравнений.
5. Реализовать алгоритмы средствами Matlab.
6. Оформить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета:

– Результаты выполнения задания;

– Описание проделанной работы при составлении алгоритмов и работе в среде Matlab;

– Развернутые выводы по проведенной работе.

Метод ранжирования.

Ранжирование – это процедура упорядочения объектов по степени их влияния на результат, выполняется экспертом в процессе выявления его знаний. На основе своих знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими показателями сравнения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения объектов.

Пусть среди объектов нет *эквивалентных* по степени влияния на результат. В этом случае между объектами существует отношение строгого порядка, обладающее свойствами:

- несимметричности (если $O_i \succ O_j$, то $O_i \succ O_j$);
- транзитивности (если $O_i \succ O_j$, $O_j \succ O_k$, то $O_i \succ O_k$);
- и связности (для любых двух объектов, либо $O_i \succ O_j$, либо $O_j \succ O_i$).

В результате сравнения всех объектов по отношению строгого порядка эксперт составляет упорядоченную последовательность:

$$O_1 \succ O_2 \succ \ldots \succ O_n, \quad (1)$$

где объект с номером один является наиболее предпочтительным из всех объектов, объект со номером два менее предпочтителен чем первый, но предпочтительнее всех остальных и т.д.

Полученная система с отношением порядка $< O, \succ >$ образует *серию*. Для серии доказано существование числовой системы:

- элементами которой являются числа;
- а отношение порядка $\succ$ есть отношение "больше чем", "предпочтительнее чем".

Это означает, что существует числовое представление $f(O_i)$, такое, что последовательности (1) соответствует последовательность чисел
$f(O_1) > f(O_2) > \ldots > f(O_n)$.

В практике экспертного ранжирования чаще всего используется последовательность натуральных чисел
$r_1=f(O_1)=1;\ r_2=f(O_2)=2;\ \ldots;\ r_n=f(O_n)=n.$

Числа $r_1, r_2, \ldots, r_n$ называются рангами. Наиболее предпочтительному присваивается ранг 1, второму – ранг 2 и т.д. На практике, среди объектов могут быть и эквивалентные по степени их влияния на результат. Например, упорядочение может иметь вид

$$O_1 \succ O_2 \succ O_3 \sim O_4 \sim O_5 \succ \ldots \succ O_{n-1} \sim O_n \qquad (2)$$

В этой последовательности объекты O_3, O_4 и O_5 эквивалентны между собой, а O_{n-1} и O_n – между собой. Для эквивалентных объектов принято назначать одинаковые ранги, равные среднему арифметическому значению рангов, приписываемых одинаковым объектам. Такие ранги получили название *связанных рангов*. Для примера упорядочение (2) в случае n=10 ранги объектов O_3, O_4 и O_5 будут одинаковыми и равными:
$r_3 = r_4 = r_5 = (3+4+5)/3 = 4$
$r_9 = r_{10} = (9+10)/2 = 9{,}5$

Как видно из примера связанные ранги могут быть дробными. Удобство использования связанных рангов заключается в том, что сумма рангов n-объектов равна сумме натуральных чисел от 1 до n. При этом любые комбинации связанных рангов не изменяют эту сумму. Это обстоятельство существенно упрощает обработку результатов ранжирования при групповой экспертной оценке.

Метод парных сравнений.

Парное сравнение представляет собой процедуру установления предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар. В отличие от ранжирования, при котором осуществляется упорядочение всех объектов сразу, парное сравнение представляет для экспертов более простую задачу. При сравнении каждой пары объектов возможны *отношения* либо *порядка*, либо эквивалентности. Парное сравнение есть измерение в *шкале порядка*.

В результате сравнения каждой пары объектов O_i и O_j эксперт должен упорядочить эту пару, высказывая, что:
либо $O_i \succ O_j$, либо $O_j \succ O_i$, либо $O_i \sim O_j$.

Переход от эмпирической системы к числовой системе с отношениями осуществляется выбором такой функции f, что:

если $O_i \succ O_j$, то $f(O_i) > f(O_j)$,

если $O_j \succ O_i$, то $f(O_i) < f(O_j)$.

Наконец, если объекты эквивалентны, то естественно предположение, что $f(O_i)=f(O_j)$. Наиболее часто в практике экспертного оценивания используют следующие числовые представления:

Эмпирическая система	Представление 1		Представление 2		Представление 3	
	$f(O_i)$	$f(O_j)$	$f(O_i)$	$f(O_j)$	$f(O_i)$	$f(O_j)$
$O_i \succ O_j$	2	0	1	-1	1	0
$O_i \sim O_j$	1	1	0	0	0,5	0,5

Результаты сравнения экспертом всех пар объектов удобно представить в виде таблицы, столбцы и строки которой составляют объекты, а в ячейках таблицы проставляются числовые значения.

Пример: В качестве примера рассмотрим табличное отображение результатов проведенного парного сравнения пяти объектов при использовании числового представления 1.

O_i	O_1 O_j	O_2	O_3	O_4	O_5
O_1	1	2	2	1	2
O_2	0	1	2	1	0
O_3	0	0	1	0	1
O_4	1	1	2	1	0
O_5	0	2	1	2	1

Из этой таблицы следует, что объект O_1 предпочтительнее объектов O_2, O_3, O_5 и эквивалентен O_4. Объект O_2 предпочтительнее O_3, эквивалентен O_4 и менее предпочтителен, чем O_1 и O_5. Сравнение объектов во всех возможных парах не дает полного упорядочения всех объектов. Поэтому возникает задача о ***ранжировке объектов*** на основе парного сравнения**.**

Методические указания для работы с Matlab

Язык программирования Matlab является интерпретатором. Это значит, что каждая инструкция программы распознается и тут же исполняется. Этап компиляции полной программы отсутствует. Интерпретация означает, что Matlab не создает исполняемых конечных программ. Они существуют лишь в виде m-файлов (файлов с расширением m). Для выполнения программ необходимо находиться в среде Matlab. Однако для программ на языке Matlab созданы компиляторы, транслирующие программы на языке Matlab в коды языков программирования С и С++. Это решает проблему создания исполняемых программ, изначально написанных в среде Matlab.

Сеанс работы с Matlab принято именовать сессией. Сессия, в сущности, является текущим документом, отражающим работу пользователя с системой
Matlab. В ней имеются строки ввода, вывода и сообщений об ошибках. Строка ввода указывается с помощью приглашающего символа >>. В строке вывода символ >> отсутствует. Строка сообщений об ошибках начинается символами **???**. Входящие в сессию определения переменных и функций располагаются в рабочей области памяти (workspace).

Полезно сразу усвоить следующие команды:

clc – очищает экран и размещает курсор в левом верхнем углу пустого экрана;

clear – уничтожает в рабочем пространстве определения всех переменных;

clear x – уничтожает в рабочем пространстве определение переменной x;

clear a,b,c – уничтожает в рабочем пространстве определения переменных списка.

Уничтоженная (стертая в рабочем пространстве) переменная становится неопределенной. Использовать такие переменные нельзя, такие попытки сопровождаются выдачей сообщений об ошибке.

<u>Система Matlab ориентирована на работу с матричными переменными. По умолчанию предполагается, что каждая заданная переменная – это матрица. Даже обычные константы и переменные рассматриваются в Matlab как матрицы размером 1×1.</u>

Простейшей конструкцией языка программирования является оператор присваивания:

Имя_переменной = Выражение

Типы переменных заранее не декларируются. Они определяются выражением, значение которого присваивается переменной. Так, если это выражение – вектор или матрица, то переменная будет векторной или матричной.

После набора оператора в командной строке и нажатия клавиши ENTER на экран дисплея выводится вычисленное значение переменной. Для блокировки вывода результата вычислений на экран оператор нужно завершить символом ; (точка с запятой).

Для выполнения арифметических операций в системе Matlab применяются обычные символы: +(сложение), – (вычитание), * (умножение), / (деление), ^ (возведение в степень). Эти операции называются матричными, так как применяются и при работе с матрицами. Наряду с матричными операциями над массивами можно выполнять и поэлементные операции. Для обозначения поэлементных операций используется . (точка), предшествующая обычной (матричной) операции.

Для присваивания значений массиву необходимо значения элементов массива перечислить в квадратных скобках, разделяя их пробелами.

Пример
>> v=[1 5 3]
v=
1 5 3

В этом примере мы задали вектор v (одномерный массив) со значениями элементов 1,5,3. Задание матрицы (двухмерного массива) требует указания различных строк. Для различения строк используется ; (точка с запятой).

Пример
>> m=[1 3 2; 5 6 4; 6 7 8]
m=
1 3 2
5 6 4
6 7 8

Для указания отдельного элемента массива используется имя массива и круглые скобки, внутри которых указываются индексы, разделенные запятыми.

Пример
>> m=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
>> m(1,1)=5;
>> m(3,3)=m(1,1)+m(3,3);
>> m
m=
5 2 3
4 5 6
7 8 14

Для формирования упорядоченных u1095 числовых последовательностей в Matlab применяется оператор : (двоеточие):

Начальное_значение: Шаг: Конечное_значение

Данная конструкция порождает последовательность (массив) чисел, которая начинается с начального значения, идет с заданным шагом и завершается конечным значением. Если шаг не задан, то он принимает значения 1 или -1.

Пример
>> i=1:6
i=
1 2 3 4 5 6
>>x=0: 0.5: 3
x=
0 0.5000 1.0000 1.5000 2.0000 2.500 3.0000
>> x=3: -0.5: 0
x=

3.000 2.5000 2.0000 1.5000 1.0000 0.5000 0

Задание.

– Осуществить ранжирование и парное сравнение объектов на основе упорядоченной последовательности:

$O_1 \succ O_2 \succ \ldots \succ O_n$

– Написать программу средствами Matlab, в которой реализован алгоритм ранжирования и парного сравнения объектов по заданной упорядоченной последовательности. Результаты выполнения алгоритмов выводятся на экран.

Варианты выполнения:

1. Объекты O_1 и O_2, O_5 и O_7, O_n и O_{n-1}, эквиваленты между собой, n=10.
2. Объекты O_2 и O_4, O_3 и O_8, O_1 и O_{n-1}, эквиваленты между собой, n=10.
3. Объекты O_3 и O_6, O_2 и O_7, O_n и O_5, эквиваленты между собой, n=10.
4. Объекты O_2 и O_n, O_6 и O_7, O_3 и O_5, эквиваленты между собой, n=10.
5. Объекты O_1 и O_5, O_5 и O_7, O_7 и O_n, эквиваленты между собой, n=10.

Лабораторная работа №2. Формирование оценки компетентности группы экспертов.

Цель работы: Требуется изучить методику для выполнения оценивания компетентности группы экспертов на стадии выявления знаний.

Ход выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом об оценивании компетентности экспертов.
2. Составить алгоритм подсчета коэффициентов компетентности экспертов пятого порядка в среде Matlab.
3. Выполнить подсчет коэффициентов компетентности экспертов пятого порядка по имеющимся данным.
4. Оформить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета:

– Результаты выполнения задания;

– Описание проделанной работы при составлении алгоритмов и работе в среде Matlab;

– Развернутые выводы по проведенной работе.

При формировании группы экспертов на стадии выявления знаний необходимо учитывать такие характеристики экспертов как:

* *компетентность* – степень квалификации эксперта в данной области знаний;
* *креативность* – способность решать творческие задачи;

* *отношение к экспертизе* – негативное или пассивное отношение, или занятость существенно влияет на качество работы эксперта в группе;
* *конформизм* – подверженность влиянию авторитетов, при котором мнение авторитета может подавлять лиц, обладающих более высокой компетентностью;
* *коллективизм и самокритичность*.

Рассмотрим один из возможных путей количественного описания характеристик эксперта, основанный на вычислении относительных коэффициентов компетентности по результатам высказывания специалистов о составе экспертной группы.

Суть методики сводится к тому, что ряду специалистов предлагается высказать мнение о списочном составе экспертной группы. Если в этом списке появляются лица, не вошедшие в исходный список, им тоже предлагается назвать специалистов для участия в экспертизе. После нескольких этапов будет получен достаточно полный список кандидатов в группу.

По результатам опроса составляется матрица, по строкам и столбцам которой записываются фамилии экспертов, а элементами таблицы являются переменные

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если j-ый эксперт назвал i-ого} \\ 0, \text{ если j-ый эксперт не назвал i-ого} \end{cases}$$

При этом эксперт может включать себя или не включать в экспертную группу (то есть $x_{ij}=0$ или $x_{ij}=1$). По данной таблице можно вычислить относительные коэффициенты компетентности, используя алгоритм решения задач о лидере [1]. Введем относительные коэффициенты компетентности h-порядка для каждого эксперта

$$K_i^h = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_{ij} k_j^{h-1}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} k_j^{h-1}}, \; (i = \overline{1,m};\; h = 1,2\ldots) \tag{3}$$

где m – число экспертов в списке (размерность матрицы $\|x_{ij}\|$), h – номер порядка коэффициента компетентности. Коэффициенты компетентности нормированы так, что их сумма равна единице:

$$\sum_{i=1}^{m} k_i^h = 1, \; h=1,2\ldots \tag{4}$$

По формуле (3) можно вычислить значение компетентности для различных порядков, начиная с первого. При h=1 выражение (3) будет иметь вид:

$$k_i^1 = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij}}, \quad i = 1,2,\ldots,m \qquad (5)$$

Смысл этой формулы в том, что подсчитывается число голосов, поданных за i-го эксперта и делится на общее число голосов, поданных за всех экспертов. Таким образом, коэффициент компетентности первого порядка – это относительное число экспертов, высказавшихся за включение i-го эксперта в группу.

Относительный коэффициент компетентности второго порядка получают из (1) для h=2 при условии, что $k_j^1 (j=1,2 \ldots m)$ определены по (5):

$$k_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_{ij} k_j^1}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} k_j^1}, \quad i = 1,2,\ldots,m$$

Коэффициенты второго порядка представляют собой относительное количество голосов, взвешенных коэффициентом компетентности первого порядка.

Последовательно вычисляя относительные коэффициенты компетентности более высокого порядка, можно убедиться, что процесс быстро сходится после 3-4 вычислений, то есть относительные коэффициенты быстро стабилизируются. В общем случае коэффициенты относительной компетентности определяются как:

$$k_i = \lim_{h \to \infty} k_i^h, \quad \sum_{i=1}^{n} k_i = 1$$

Пример: В результате опроса трех экспертов о составе экспертной группы получены данные (x_{ij}) о мнении каждого из них по включению экспертов в рабочую группу. Эти данные сведены в таблицу

	Мнения экспертов		
	Эксперт 1 (А)	Эксперт 2 (В)	Эксперт 3 (С)
Эксперт 1 (А)	1	1	1
Эксперт 2 (В)	0	1	0
Эксперт 3 (С)	1	0	1

Результаты пошаговой обработки полученных данных по описанному выше алгоритму будут иметь вид.

На первом шаге, полагая равную компетентность всех экспертов, принимаем $k^0 = [\ 1\ \ 1\ \ 1\ ]^T$ и вычисляем коэффициенты относительной компетентности первого порядка:

$$y = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} x_{ij} = 1+1+1+0+1+0+1+0+1 = 6$$

$$k_A^1 = k_1^1 = 1/y \times \sum_{j=1}^{3} x_{1j}k_j^0 = 1/6 \times (1\times1+1\times1+1\times1) = 3/6 = 0.5$$

$$k_B^1 = k_2^1 = 1/y \times \sum_{j=1}^{3} x_{2j}k_j^0 = 1/6 \times (0\times1+1\times1+0\times1) = 1/6 \approx 0.167$$

$$k_C^1 = k_3^1 = 1/y \times \sum_{j=1}^{3} x_{3j}k_j^0 = 1/6 \times (1\times1+0\times1+1\times1) = 2/6 \approx 0.333$$

На втором шаге, используя полученные значения, вычисляем коэффициенты относительной компетентности второго порядка:

$$y=\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} x_{ij}k_j^1 = 1\times\frac{3}{6}+1\times\frac{1}{6}+1\times\frac{2}{6}+0\times\frac{3}{6}+1\times\frac{1}{6}+0\times\frac{2}{6}+1\times\frac{3}{6}+0\times\frac{1}{6}+1\times\frac{2}{6}=\frac{12}{6}=2$$

$$k_A^2 = k_1^2 = 1/y \times \sum_{j=1}^{3} x_{1j}k_j^1 = 1/2 \times (1\times\frac{3}{6}+1\times\frac{1}{6}+1\times\frac{2}{6}) = 1/2 \times 6/6 = 0.5$$

$$k_B^2 = k_2^2 = 1/y \times \sum_{j=1}^{3} x_{2j}k_j^1 = 1/2 \times (0\times\frac{3}{6}+1\times\frac{1}{6}+0\times\frac{2}{6}) = 1/2 \times 1/6 \approx 0.083$$

$$k_C^2 = k_3^2 = 1/y \times \sum_{j=1}^{3} x_{3j}k_j^1 = 1/2 \times (1\times\frac{3}{6}+0\times\frac{1}{6}+1\times\frac{2}{6}) = 1/2 \times 5/6 \approx 0.417$$

Продолжая аналогичные вычисления до тех пор, пока k_i^h не будут отличаться от k_i^{h-1} с точностью 0.01, получим

$k^3 = \left[0.5 \quad 0.042 \quad 0.458\right]^T$

$k^4 = \left[0.5 \quad 0.02 \quad 0.48\right]^T$

$k^5 = \left[0.5 \quad 0.01 \quad 0.49\right]^T$

При $h \to \infty$ $\quad k^h \to \left[0.5 \quad 0.0 \quad 0.5\right]^T$

Можно показать, что предельные значения коэффициентов компетентности представляют собой компоненты собственного вектора для максимального собственного числа матрицы **X=||x$_{ij}$||** [1]. Собственные числа матрицы X определяются как корни алгебраического уравнения

$$|X - \lambda \times E| = 0$$

где λ – вектор собственных чисел матрицы голосования $|X|$, E – единичная матрица. Собственный вектор матрицы, соответствующий максимальному собственному числу, вычисляется из системы m+1 порядка линейных алгебраических уравнений

$$XK = \lambda_0 K, \qquad \sum_{i=1}^{m} k_i = 1 ,$$

где $K = \left[k_1, k_2, \ldots, k_m\right]$ - вектор компетентности, являющийся собственным вектором матрицы X для максимального собственного числа.

Задание.

– В результате опроса пяти экспертов о составе экспертной группы получены данные (x_{ij}) о мнении каждого из них по включению экспертов в рабочую группу. Эти данные сведены в таблицу.

– Составить алгоритм подсчета коэффициента в среде Matlab.

– Выполнить подсчет коэффициентов компетентности экспертов пятого порядка по имеющимся данным.

– Вывести на экран результаты работы.

Варианты:

1)

Мнения экспертов					
	Эксперт 1 (A)	Эксперт 2 (B)	Эксперт 3 (C)	Эксперт 4 (D)	Эксперт 5 (E)
Эксперт 1 (A)	1	1	1	1	1
Эксперт 2 (B)	1	1	1	0	0
Эксперт 3 (C)	0	0	1	1	1
Эксперт 4 (D)	0	0	1	1	1
Эксперт 5 (E)	1	1	0	1	1

2)

Мнения экспертов					
	Эксперт 1 (A)	Эксперт 2 (B)	Эксперт 3 (C)	Эксперт 4 (D)	Эксперт 5 (E)
Эксперт 1 (A)	1	1	1	1	1
Эксперт 2 (B)	0	1	1	1	0
Эксперт 3 (C)	1	0	1	0	1
Эксперт 4 (D)	0	1	1	1	1
Эксперт 5 (E)	1	0	1	1	0

3)

Мнения экспертов					
	Эксперт 1 (A)	Эксперт 2 (B)	Эксперт 3 (C)	Эксперт 4 (D)	Эксперт 5 (E)
Эксперт 1 (A)	1	1	1	1	1
Эксперт 2 (B)	1	1	0	1	0
Эксперт 3 (C)	0	0	1	1	0

Эксперт 4 (D)	1	1	1	1	1
Эксперт 5 (E)	0	0	0	1	1

4)

Мнения экспертов					
	Эксперт 1 (A)	Эксперт 2 (B)	Эксперт 3 (C)	Эксперт 4 (D)	Эксперт 5 (E)
Эксперт 1 (A)	1	1	0	0	0
Эксперт 2 (B)	0	1	1	1	0
Эксперт 3 (C)	1	0	1	0	1
Эксперт 4 (D)	1	1	1	1	1
Эксперт 5 (E)	1	0	1	0	1

5)

Мнения экспертов					
	Эксперт 1 (A)	Эксперт 2 (B)	Эксперт 3 (C)	Эксперт 4 (D)	Эксперт 5 (E)
Эксперт 1 (A)	1	0	0	0	1
Эксперт 2 (B)	0	1	1	1	0
Эксперт 3 (C)	1	0	1	1	1
Эксперт 4 (D)	0	0	1	1	1
Эксперт 5 (E)	1	0	0	0	1

Лабораторная работа №3. Обработка экспертных оценок: обработка парных сравнений, определение обобщенных ранжировок.

Цель работы: Требуется изучить способы обработки парных сравнений и определения обобщенных ранжировок.

Ход выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом об обработке парных сравнений и определении обобщенных ранжировок.
2. Разработать алгоритм подсчета групповой оценки степени влияния каждого из объектов на результат, а также обобщенную ранжировку групповых экспертных оценок и реализовать его в среде Matlab.
3. Выполнить подсчеты согласно данным своего варианта.
4. Оформить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета:

– Результаты выполнения задания;

– Описание проделанной работы при составлении алгоритмов и работе в среде Matlab;

– Развернутые выводы по проведенной работе.

Обработка парных сравнений.

При установлении причинно-следственных зависимостей между объектами предметной области, экспертам в ряде случаев сложно выразить их численно. То есть трудно установить количественно степень влияния той или иной причины (объекта) на конкретное следствие. Особенно психологически это сложно, если таких объектов много.

Вместе с тем, эксперты сравнительно легко решают задачу парного сравнения. Эта задача состоит в том, что эксперт устанавливает предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар. То есть эксперт, рассматривая все возможные пары объектов, в каждой из них устанавливает ту причину, которая по его мнению оказывает большое влияние на следствие. Возникает вопрос, как получить ***оценку всей совокупности объектов*** на основе результатов парного сравнения, выполненного группой экспертов.

Пусть каждый из ***m*** экспертов производит оценку влияния на результат всех пар объектов, давая числовую оценку

$$r_{ij}^{h} = \begin{cases} 1 & \text{, если объект } O_i \text{ более значим, чем } O_j \\ 0{,}5 & \text{, объекты } O_i \text{ и } O_j \text{ равноправны} \\ 0 & \text{, если объект } O_i \text{ менее значим, чем } O_j \end{cases}$$

где ***h*=1,2,...*m*** – номер эксперта, ***i,j*=1,2,...*n*** – номера объектов, исследуемых при экспертизе. Т. е. по результатам экспертизы имеем *m*-таблиц (матриц) вида (рис.1):

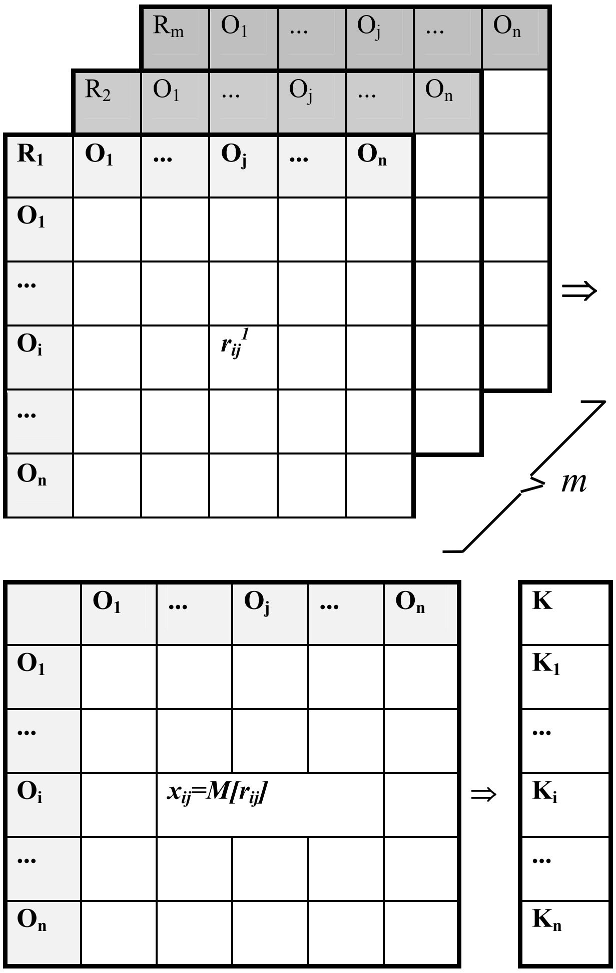

Рис.1. Последовательность обработки парных сравнений

Как следует из рис.1 последовательность обработки парных сравнений заключается в том, что на основании таблиц парных сравнений m-экспертов строится матрица математических ожиданий оценок всех пар объектов. Затем по этой матрице вычисляется вектор коэффициентов относительной важности объектов.

Если при оценке пары $\boldsymbol{O_{ij}}$ из общего количества экспертов $\boldsymbol{m_i}$ высказались в пользу предпочтение $\boldsymbol{O_i}$, $\boldsymbol{m_j}$ экспертов в пользу $\boldsymbol{O_j}$, а $\boldsymbol{m_p}$

считает эти объекты равноправными, то оценка математического ожидания дискретной случайной величины $\boldsymbol{r_{ij}}$ будет равна:

$$x_{ij} = M[r_{ij}^h] = 1 * \frac{m_i}{m} + 0{,}5 * \frac{m_p}{m} + 0 * \frac{m_j}{m}\ ,\ h=\overline{1,m}$$

Т.к. общее количество экспертов $m = m_i + m_p + m_j$, то определяя отсюда $\boldsymbol{m_p}$ и подставляя его в вышеприведенное выражение, получим

$$x_{ij} = \frac{m_i}{m} + 0{,}5\left(\frac{m - m_i - m_j}{m}\right) = \frac{1}{2} + \frac{m_i - m_j}{2m}$$

Очевидно, что $\boldsymbol{x_{ij} + x_{ji} = 1}$. Совокупность величин $\boldsymbol{x_{ij}}$ образуют матрицу $\boldsymbol{X}=||\boldsymbol{x_{ij}}||$ размерности $\boldsymbol{n}$ x $\boldsymbol{n}$, на основе которой можно построить ранжировку всех объектов и определить коэффициенты относительной важности объектов, то есть вектор

$k = [k_1, k_2, \dots k_n]^T$

Одним из способов определения значений элементов вектора K является итерационный алгоритм вида:

а) начальное условие t=0

$$k^0 = \underbrace{[\ 1\ \ 1\ \ 1 \dots\ 1\ ]}_{n}{}^T$$

б) рекуррентные соотношения

$$k^t = \frac{1}{\lambda^t} * X * k^{t-1}$$

$$\lambda^t = [1\ 1\ 1\ \dots\ 1] * X * k^{t-1}\ ,\ t = (1{,}2,\ \dots\ n)$$

где $\boldsymbol{X}$ – матрица математических ожиданий оценок пар объектов, $\boldsymbol{k^t}$ – вектор
коэффициентов относительной важности объектов порядка $\boldsymbol{t}$.

$$\sum_{i=1}^{n} k_i^t = 1$$

– условие нормировки.

в) признак окончания $||k^t - k^{t-1}|| < E$.

Если матрица X неотрицательна и неразложима (то есть путем перестановки строк и столбцов ее нельзя привести к треугольному виду), то при увеличении порядка $t \to \infty$ величина λ^t сходится к максимальному собственному числу матрицы X, то есть

$$k = \lim_{t \to \infty} k^t\ ,\ \sum_{i=1}^{n} k_i = 1$$

Это утверждение следует из теоремы Перрона-Фробениуса.

Определение обобщенных ранжировок.

При групповой экспертной оценке каждому *i*-ому объекту каждый из *j*-ых экспертов присваивает r_{ij} . В результате проведения экспертного оценивания получается матрица рангов $\| r_{ij} \|$ размерности n x m, где n – число объектов ($i=\overline{1,n}$), а m – число экспертов ($j=\overline{1,m}$).

Самый простейший способ получения *обобщенной ранжировки* заключается в ранжировании объектов по величине сумм рангов, полученных каждым объектов от всех экспертов. В этом случае для матрицы ранжировок $\| r_{ij} \|$ вычисляются суммы:

$$r_i = \sum_{j=1}^{m} r_{ij} \quad (i = 1,2,\ldots n)$$
.

Далее объекты упорядочиваются по цепочке неравенств

$r_k < r_l < \ldots < r_q$, где $r_k = \min\limits_{i}(r_i)$, $r_l = \min\limits_{i,i\neq k}(r_i)$, ... , $r_q = \max\limits_{i}(r_i)$.

Отсюда следует обобщенная ранжировка объектов

$\mathbf{O}_k \succ \mathbf{O}_l \succ \ldots \succ \mathbf{O}_q$.

Для учета компетентности экспертов достаточно умножить *i*-ю ранжировку на коэффициенты компетентности *j*-го эксперта $0 \le k_j \le 1$. В этом случае вычисление суммы рангов для *i*-ого объекта производится по формуле

$$r_i = \sum_{j=1}^{m} k_j r_{ij}$$
,

что позволяет упорядочить объекты по цепочке неравенств. Следует отметить, что построение таких обобщенных ранжировок является корректной процедурой только в том случае, если ранги назначаются как места объектов в виде натуральных чисел 1,2,...,n.

Однако ранги объектов определяют только порядок расположение объектов по показателям сравнения. Ранги как числа не дают возможность сделать вывод о том, на сколько или во сколько раз предпочтительнее один объект по сравнению с другим. Если ранг 3, то отсюда не следует делать вывод о том, что объект, с рангом 1, в три раза предпочтительнее, чем объект, имеющий ранг, равный трем.

Вместе с тем для использования в ЭС знаний, полученных от экспертов, необходимо не только упорядочение или ранжирование объектов по степени их влияния или воздействия на какой-либо результат, но и определение количественной оценки степени влияния каждого из объектов на результат.

Простейшим методом для реализации этой задачи является подход, основанный на построении обобщенной ранжировки путем перехода от матрицы ранжировок к матрице парных сравнений. Для этого на основе матрицы $\| r_{ij} \|$ строится m матриц парных сравнений R_j (j=1,2,...,m), где m – число экспертов. Элементы этих матриц определяются следующим образом:

$$R_j = \left\| r_{ik}^j \right\| = \begin{cases} 1 & \text{, если } \mathbf{O}_i^j \succ \mathbf{O}_k^j\text{, то есть } r_{ij} < r_{kj} \\ 0{,}5 & \text{, если } \mathbf{O}_i^j \sim \mathbf{O}_k^j\text{, то есть } r_{ij} = r_{kj} \\ 0 & \text{, если } \mathbf{O}_i^j \prec \mathbf{O}_k^j\text{, то есть } r_{ij} > r_{kj} \end{cases}$$

где j – номер эксперта, i и k – номера сравниваемых объектов.

Затем к полученным матрицам парных сравнений всех экспертов применяется рассмотренный ранее метод обработки парных сравнений. Его итерационная процедура позволяет получить *коэффициенты относительной важности* объектов по степени их влияния на результат.

Задание:

№1. В результате опроса трех (m=3) экспертов о степени влияния на результат трех (n=3) различных факторов (объектов) получены следующие таблицы парных сравнений. Получить групповую оценку степени влияния каждого из объектов на результат. Средствами Matlab разработать алгоритм и получить результаты групповой оценки с его помощью.

Варианты:

1)

Экспетр 1(R_1)

	O_1	O_2	O_3
O_1	0,5	1	1
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

Эксперт 2(R_2)

	O_1	O_2	O_3
O_1	0,5	0	0
O_2	0	0,5	0
O_3	0	0,5	0

Эксперт 3(R_3)

	O_1	O_2	O_3
O_1	0,5	1	0
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

2)

Экспетр 1(R_1)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0	1
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

Эксперт 2(R_2)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0,5	0,5
O_2	0,5	0,5	0,5
O_3	0,5	0,5	0,5

Эксперт 3(R_3)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	0
O_2	1	0,5	1
O_3	0	1	0,5

3)

Экспетр 1(R_1)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	1
O_2	1	0,5	1
O_3	1	1	0,5

Эксперт 2(R_2)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0	0
O_2	0	0,5	0
O_3	0	0	0,5

Эксперт 3(R_3)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0	1
O_2	0	0,5	0
O_3	1	0	0,5

4)

Экспетр 1(R_1)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0	1
O_2	0	0,5	0
O_3	1	0	0,5

Эксперт 2(R_2)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0	0
O_2	1	0,5	1
O_3	0	0	0,5

Эксперт 3(R_3)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	0
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

5) Экспетр 1(R_1)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	0
O_2	1	0,5	1
O_3	0	1	0,5

Эксперт 2(R_2)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	0
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

Эксперт 3(R_3)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	1
O_2	0	0,5	0
O_3	1	1	0,5

№2. Выполнить обобщенную ранжировку на основе данных:

Три эксперта (m=3) провели ранжировку трех объектов (n=3) по степени их влияния на какой-либо результат. Средствами Matlab разработать алгоритм и получить результаты обощенной ранжировки с его помощью.

Таблица ранжировок имеет вид:

Варианты:

1)

Объект O_i	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3
O_1	1	2	1
O_2	2	1	3
O_3	3	3	2

2)

Объект O_i	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3
O_1	3	3	1
O_2	2	1	2
O_3	1	2	3

3)

Объект O_i	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3
O_1	2	2	1
O_2	1	3	3
O_3	3	1	2

4)

Объект O_i	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3
O_1	1	3	2
O_2	2	1	1
O_3	3	2	3

5)

Объект O_i	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3
O_1	1	2	3
O_2	3	3	2
O_3	2	1	1

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы искусственного интеллекта. Практический курс [Электронный ресурс]: учебное пособие с грифом УМО / В. А. Чулюков [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – Режим доступа: http://window.edu.ru/window/catalog?p_rid=65335

2. Бессмертный, И.А. Искусственный интеллект [Электронный ресурс]: учебное пособие с грифом УМО / И.А. Бессмертный. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – Режим доступа: http://window.edu.ru/window/catalog?p_rid=69274

3. Потапов, А.С. Технологии искусственного интеллекта [Электронный ресурс]: учебное пособие с грифом УМО / А. С. Потапов. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – Режим доступа: http://window.edu.ru/window/catalog?p_rid=69612

4. Ручкин, В.Н. Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы / В.Н. Ручкин, В.А. Фулин. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 240 с.

5. Гаскаров, Д.В. Интеллектуальные информационные системы: учебник для вузов / Д.В. Гаскаров. М.: Высш. шк., 2003. – 431 с. ил.

6. Коробова, Б.Л. Принятие решений в системах, основанных на знаниях: Учеб. пособие / Б.Л. Коробова, Г.В. Артёмов. Тамбов: ТГТУ, 2005. – 80 с.

7. Каляев, И.А. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук. М.: Янус-К, 2000. – 280 с.

8. Коробова, И.Л. Методы представления знаний: метод. указания / И.Л. Коробова. Тамбов: ТГТУ, 2003. – 24 с.

9. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем: учебное пособие для вузов / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

10. Частиков, А.П. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / А.П. Частиков, Т.А. Гаврилова, Д.Л. Белов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.