

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Н.Н. ФАДЕЕВ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Сборник лабораторных работ

Методическое пособие по дисциплине «Интеллектуальные
системы» для студентов, обучающихся по направлению
«Информатика и вычислительная техника»

Москва
Издательство МЭИ
2015

УДК 621.398
Ф 152

Утверждено учебным управлением МЭИ

*Подготовлено на кафедре вычислительных машин,
систем и сетей*

Рецензент: канд. техн. наук, А.Ф. Крюков

Фадеев Н.Н.
Ф 152

Интеллектуальные системы. Сборник лабораторных работ:
методическое пособие. / Н.Н. Фадеев. – М.: Издательство
МЭИ, 2015. – 48 с.

Методическое пособие предназначено для проведения лабораторных работ по дисциплине «Интеллектуальные системы» и включает следующие работы: «Прагматика сопоставления объектов», «Создание базы знаний и распознавание объектов», «Обучение и эксплуатация базы знаний управления», «Сертификация программных средств» и решения задачи «Расознавание объекта».

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника»

ВВЕДЕНИЕ

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ЗНАНИЙ (СКС)

СКС представляет собой многоцелевое модульное программное средство для обучения и сертификации знаний по дисциплинам: «Информатика», «Интеллектуальные системы» направления «Информатика и вычислительная техника».

В первом сеансе СКС потребуется регистрация пользователя – создание его персональной записи. После получение первой оценки не менее 3 персональная запись преобразуется в электронную подпись.

В последующих сеансах СКС выполняется проверка соответствия персональной записи и электронной подписи. В случае несоответствия потребуется повторить регистрацию и, при необходимости, сеансы СКС. Персональная запись, электронная подпись и база данных с оценками хранятся в файле Cks.qrt. При необратимых повреждениях этого файла допустимо его восстановление: Cks0.qrt в Cks.qrt и повторение всех сеансов СКС.

Регистрация в СКС выполняется по следующей схеме: пункт меню «Регистрация»; поиск по образцу командой S ,'- -'; перемещение курсора в нижнее окно клавишей F8; в пустой персональной записи замена кодов 20 на коды номера группы, последних цифр года приема и фамилии; возвращение курсора в окно команд клавишей F8; сохранение файла командой W с подтверждением – клавишей Enter; завершение регистрации – командой Quit.

Рекомендуется в процессе регистрации ввести двухпозиционный код номера билета № 1 (3031 в кодовой странице CP1251), который понадобится при тренировки перед зачетом.

Для контроля результата требуется перезагрузить СКС и в нижней части экрана внимательно просмотреть полученную персональную запись: фамилия и группа. При любых несоответствиях обязательно продолжить регистрацию (редактирование персональной записи) с другими образцами поиска. Например, при искажении группы до A07-11 поиск по образцу – командой S ,'07-11'.

Следует учесть, что в загрузочном файле создаются несколько экземпляров каждого массива, в том числе и персональной записи, но только на один экземпляр имеется ссылка. Такой экземпляр распознается по строгому соответствию пустой персональной записи без сторонних кодов.

Персональная запись и пример

Персональная запись		
Номер поля	Код(ы)	Содержимое
1	C0	Прописная русская А
2	2D	Минус
3	Старший байт – код от 30 до 39, младший байт – код от 31 до 39	Номер группы, текст: от 01 до 99
4	2D	Минус
5	Старший байт – код от 31 до 39, младший байт – код от 30 до 39	Год приема, текст: от 10 до 99
6	00	Разделитель
7	До 14 кодов от C0 до FF, включая для однофамильцев: 20 коды имени	Фамилия (далее для однофамильцев: пробел Имя
8	00	Разделитель

Пустая персональная запись (эталон)							
Поле 1	Поле 2	Поле 3	Поле 4	Поле 5	Поле 6	Поле 7	Поле 8
C0	2D	2020	2D	2020	00	14 кодов 20	00

Пример персональной записи – Иванов, группа А-07-11							
Поле 1	Поле 2	Поле 3	Поле 4	Поле 5	Поле 6	Поле 7	Поле 8
C0	2D	3037	2D	3131	00	C8E2 E0ED EEE2	00

Кодовая страница CP 1251

	0	1	2	3	4	5	6	7
00								
10								
20		!	“	#	\$	%	&	‘
	()	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G

	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О
50	Р	Q	R	S	Т	U	V	W
	X	Y	Z	[\]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g
	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w
	x	y	z	{		}	~	ф
80	Ђ	Ѓ	„	ѓ	„	…	†	‡
	ф	%	Љ	<	Њ	Ќ	Ћ	Ќ
90	ђ	‘	’	“	”	•	–	—
	ф	™	љ	>	њ	ќ	ћ	џ
A0		Ў	ў	J	Ѡ	Г	І	§
	Ё	©	Є	«	¬	-	®	İ
B0	°	±	І	і	г	μ	¶	·
	ё	№	є	»	ј	ѕ	s	ï
C0	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
D0	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч
	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
E0	a	б	В	г	д	e	ж	з
	и	й	К	л	м	н	о	п
F0	р	с	Т	у	ф	х	ц	ч
	ш	щ	Ъ	ы	ь	э	ю	я

Порядок сдачи зачета

1. Выполнить пункты верхнего меню: «Программа–Распознавание» и с помощью данной программы решить задачу (тема № 7 билета).

Рекомендуется зафиксировать на бумажном носителе все варианты решения. Далее подготовить ответы на вопросы по остальным темам билета. Общее время подготовки по всем темам – 60 минут.

2. Выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы» для возврата в меню работы. Затем выполнить пункт верхнего меню «Сертификация знаний», после чего **СКС** перейдет к сертификации знаний.

3. Сертификация знаний.

В режиме сертификации знаний на экран выводятся вопросы с их перебором: увеличение/уменьшение номера вопроса – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос». В каждом вопросе имеются пропущенные места, которые необходимо заполнить перебором ответов: увеличение/уменьшение номера ответа – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». В **СКС** для каждого вопроса запоминается тот ответ, который выводится на экран при переборе вопросов. Изменить ответ на любой вопрос можно в пределах лимита времени ответов на все вопросы – 20 минут.

Число вопросов – 9.

Число ответов на каждый вопрос – от 2 до 5.

После ответов на все вопросы необходимо просмотреть вопросы с ответом перебором: левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос».

После завершения ответов на все вопросы выполнить пункт верхнего меню «Заключение». В СКС составляется заключение о результате и оценка сохраняется в базе данных с выводом на экран. Заключение доступно только после перебора всех вопросов.

После получения заключения в правой нижней части экрана для каждого вопроса с ответом установлен флажок: зеленый/красный при совпадении/несовпадении ответа с эталоном (правильным ответом). Перебор вопросов с ответом – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». Вывод эталона – левая клавиша мыши на кнопке «Эталон».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ПРАГМАТИКА СОПОСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Цель работы – изучение простой семантики объекта и прагматики сопоставления объекта с двумя эталонами.

Семантика

Имеется объект с простой семантикой:

$$HM_j = \{ (\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij \text{ экс}}) \}$$

где HM_j j -тое нечеткое множество, $j \in \{ 1, 2 \}$,

$\mu_{ij \text{ экс}}$ – значение функции принадлежности, полученное в результате эксперимента, d_i – наблюдение, c_j – состояние,

$\{ d_i, c_j \}$ – элемент носителя $\{ \cup \{ d_i, c_j \} \}$, $i = 1 \div 2$.

Таким образом, объекту с состоянием c_1 соответствует HM_1 , а объекту с состоянием c_2 соответствует HM_2 .

Из двух объектов с состояниями $\{ c_1, c_2 \}$ при заданной семантике пустой базы знаний можно получить непустую базу знаний.

Семантика пустой базы знаний:

$$HM_j = \{ (\{ d_i, c_j \}, \emptyset) \}$$

где \emptyset – отсутствие значения функции принадлежности,

d_i – наблюдение, c_j – состояние,

$\{ d_i, c_j \}$ – элемент носителя $\{ \cup \{ d_i, c_j \} \}$, $i = 1 \div 2$.

Таким образом, пустая база знаний это два \mathbf{HM}_j при отсутствии значений функции принадлежности, $j \in \{ 1, 2 \}, i = 1 \div 2$.

Семантика непустой базы знаний:

$$\mathbf{HM}_j = \{ (\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij}) \}$$

где $\mu_{ij} = \mu_{ij \text{ экс}}$.

Таким образом, непустая база знаний – это два $\mathbf{HM}_j, i, j = 1 \div 2$. Каждое \mathbf{HM}_j будем называть эталоном с состоянием c_j .

Прагматика

Имеется семантика объекта с неизвестным состоянием c_k при известных наблюдениях $\{ d_1, d_2 \}$:

$$\mathbf{HM}_k = \{ (\{ d_i, c_k \}, \mu_{ik \text{ экс}}) \}$$

где $k \in \{ 1, 2 \}, i = 1 \div 2$.

Имеется также семантики двух эталонов $\{ c_1, c_2 \}$:

$$\mathbf{HM}_j = \{ (\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij}) \}$$

где $j = 1 \div 2, i = 1 \div 2$.

Тогда прагматика сопоставления семантик объекта и базы знаний (эталонов) – это определение одного из исходов:

1. Отсутствие сходства – объект не похож ни на один из эталонов – отказ.

2. Многозначное сходство – объект похож на оба эталона – $c_1 c_2$.

3. Однозначное сходство – объект похож на эталон c_1 или эталон c_2 .

В прагматике используются функция доверия \mathbf{Bel} и степень сходства \mathbf{L} .

\mathbf{Bel} есть мера доверия экспериментальным данным (фактам), содержащимся в семантиках объекта и эталонов от полного доверия $\mathbf{Bel} = 1$ до отсутствия доверия $\mathbf{Bel} = 0$.

\mathbf{L} есть мера сходства объекта и эталона от полного сходства $\mathbf{L} = 1$ до отсутствия сходства $\mathbf{L} = 0$.

Для объекта мера доверия:

$$\text{Bel}_k = \frac{\mu_{1k} + \mu_{2k} - 2\mu_{1k} \mu_{2k}}{\mu_{1k} + \mu_{2k} - \mu_{1k} \mu_{2k}}$$

где $k \in \{ 1, 2 \}$.

Для эталона с j – тым состоянием мера доверия:

$$\text{Bel}_j = \frac{\mu_{1j} + \mu_{2j} - 2\mu_{1j} \mu_{2j}}{\mu_{1j} + \mu_{2j} - \mu_{1j} \mu_{2j}}$$

где $j = 1 \div 2$.

Степень сходства объекта и эталона с j – тым состоянием:

$$L_j = \text{Bel} [\text{MAX} (\mu_{ik}, \mu_{ij})] / \text{Bel} [\text{MIN} (\mu_{ik}, \mu_{ij})]$$

где $j = 1 \div 2, i = 1 \div 2, k = 1 \div 2$.

Прагматика сопоставления объекта с двумя эталонами содержит следующие пункты:

1. По μ_{ij} выполним экспертизу эталонов (определим степень сходства между ними L_{12}) и получим порог степени сходства $L_0 = L_{12}$:

$$L_0 = \text{Bel} [\text{MAX} (\mu_{i1}, \mu_{i2})] / \text{Bel} [\text{MIN} (\mu_{i1}, \mu_{i2})]$$

где $i = 1 \div 2$.

2. По μ_{ik} и μ_{ij} определим степени сходства $\{ L_1, L_2 \}$ объекта и эталонов $\{ c_1, c_2 \}$:

$$\{ L_j \} = \text{Bel} [\text{MAX} (\mu_{ik}, \mu_{ij})] / \text{Bel} [\text{MIN} (\mu_{ik}, \mu_{ij})]$$

где $j = 1 \div 2, i = 1 \div 2, k = 1 \div 2$.

3. По L_1, L_2 и L_0 определим исходы по сходству:

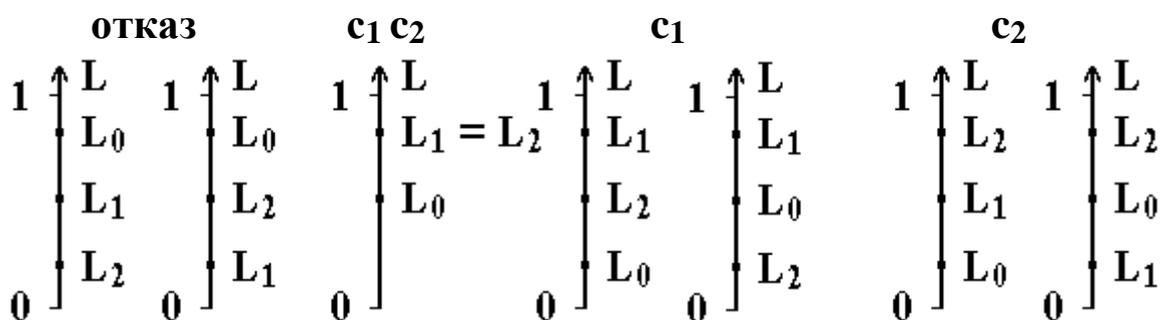
3. 1. Если $L_1 < L_0$ и $L_2 < L_0$, то отказ

3. 2. Если $L_1 = L_2 \geq L_0$, то $c_1 c_2$

3. 3. Если $L_1 \geq L_0$ и $L_1 > L_2$, то c_1

3. 4. Если $L_2 \geq L_0$ и $L_2 > L_1$, то c_2

Примеры исходов по сходству:



где L_0 – порог степени сходства,

L_1 – степень сходства объекта с эталоном c_1 .

L_2 – степень сходства объекта с эталоном c_2 .

Схема выполнения работы

1. Выполнить пункты верхнего меню: «Программа–Сопоставление» и с помощью данной программы:

1.1. Подобрать значения μ_{11} и μ_{1k} так, чтобы:

– при вариации μ_{11} на $[0, 1]$ результатами были четыре исхода по сходству $\{ \text{отказ}, c_1, c_2, c_1, c_2 \}$ в произвольном порядке;

– при вариации μ_{1k} на $[0, 1]$ результатами были четыре исхода по сходству $\{ \text{отказ}, c_1, c_2, c_1, c_2 \}$ в произвольном порядке.

1.2. Экспериментально определить вид функций $L_1(\mu_{11})$ и $L_1(\mu_{1k})$: возрастание/убывание, наличие max/min, одно/много модальность.

В качестве исходных значений использовать μ_{11} и μ_{1k} , подобранные в 1.1.

1.3. Получить результаты предельных переходов для $Bel(\mu_{1j}, \mu_{2j})$ при $\mu_{1j} = \mu_{2j} = 0$ и $\mu_{1j} = \mu_{2j} = 1, j \in \{1, 2\}$.

Выбор объекта или эталона – сдвиг курсора на любой его элемент μ и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа.

Далее линейкой скроллинга выбрать значение μ .

2. Выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы» для возврата в меню работы. Затем выполнить пункт верхнего меню «Сертификация знаний», после чего **CKS** перейдет к сертификации знаний, полученных в ходе выполнения пункта 1 настоящей схемы.

3. Сертификация знаний.

В режиме сертификации знаний на экран выводятся вопросы с их перебором: увеличение/уменьшение номера вопроса – левая/правая

клавиша мыши на кнопке «Вопрос». В каждом вопросе имеются пропущенные места, которые необходимо заполнить перебором ответов: увеличение/уменьшение номера ответа – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». В **СКС** для каждого вопроса запоминается тот ответ, который выводится на экран при переборе вопросов. Изменить ответ на любой вопрос можно в пределах лимита времени ответов на все вопросы – 20 минут.

Число вопросов – от 2 до 5.

Число ответов на каждый вопрос – от 2 до 5.

В каждом сеансе сертификации знаний номера вопросов и ответов есть функции случайных кодов.

После ответов на все вопросы необходимо просмотреть вопросы с ответом перебором: левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос».

После завершения ответов на все вопросы выполнить пункт верхнего меню «Заключение». В **СКС** составляется заключение о результате работы и при положительной оценке (3, 4 или 5) она сохраняется в базе данных с выводом на экран. Заключение доступно только после перебора всех вопросов.

После получения заключения в правой нижней части экрана для каждого вопроса с ответом установлен флажок: зеленый/ красный при совпадении/несовпадении ответа с эталоном (правильным ответом). Перебор вопросов с ответом – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». Вывод эталона – левая клавиша мыши на кнопке «Эталон».

При отрицательном результате (оценка 2) необходимо повторить сертификацию знаний до положительного результата. Отрицательный результат в базу данных не заносится.

В **СКС** в базу данных заносится только первый положительный результат по каждой работе, остальные выводятся на экран без сохранения в базе данных.

По достижению положительного результата и просмотра вопросов с ответом и эталонов следует выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы». Затем системным меню закрыть текущее окно и выполнить пункт верхнего меню «Отчет» для просмотра обновленной базы данных. Выход из **СКС** – выполнение пунктов верхнего меню «Выход–Из **СКС** ».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

Цель работы – освоение нечеткой вычислительной технологии, состоящей из двух фрагментов: «Создание базы знаний» и «Распознавание объектов».

Создание базы знаний

Имеется объект со следующей семантикой:

$$\mathbf{HM}_j = \{ (\{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \}, \mu_{ij \text{ экс}}) \}$$

где \mathbf{HM}_j j -тое нечеткое множество, $j \in \{ 1, 2, 3 \}$,

$\mu_{ij \text{ экс}}$ – значение функции принадлежности, полученное в результате эксперимента, \mathbf{d}_i – наблюдение, \mathbf{c}_j – состояние,

$\{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \}$ – элемент носителя $\{ \cup \{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \} \}$, $i = 1 \div 10$.

Таким образом, объекту с состоянием \mathbf{c}_j соответствует \mathbf{HM}_j .

Из нескольких объектов при заданной семантике пустой базы знаний можно получить непустую базу знаний.

Семантика пустой базы знаний:

$$\mathbf{HM}_j = \{ (\{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \}, \emptyset) \}$$

где \emptyset – отсутствие значения функции принадлежности,

\mathbf{d}_i – наблюдение, \mathbf{c}_j – состояние,

$\{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \}$ – элемент носителя $\{ \cup \{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \} \}$, $i = 1 \div 10$.

Таким образом, пустая база знаний это три \mathbf{HM}_j при отсутствии значений функции принадлежности, $j \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i = 1 \div 10$.

Семантика непустой базы знаний:

$$\mathbf{HM}_j = \{ (\{ \mathbf{d}_i, \mathbf{c}_j \}, \mu_{ij}) \}$$

где μ_{ij} – значения функции принадлежности, находящиеся в непустой базе знаний.

Таким образом, непустая база знаний – это три \mathbf{HM}_j , $j = 1 \div 3$, $i = 1 \div 10$. Каждое \mathbf{HM}_j будем называть эталоном с состоянием \mathbf{c}_j .

Прагматика формирования базы знаний:

Если \mathbf{Bel}_j объекта $\geq \mathbf{Bel}_0$, то $\emptyset := \mu_{ij \text{ экс}}$

где \mathbf{Bel}_j объекта – мера доверия объекта с j – тым состоянием, \mathbf{Bel}_0 – пороговое значение степени доверия, при котором данные семантики, полученные в результате эксперимента, считаются приемлемыми для дальнейшего использования, $\mu_{ij \text{ экс}}$ – значение функции принадлежности, полученное в результате эксперимента, $j \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i = 1 \div 10$.

Для объекта с j – тым состоянием мера доверия:

$$\mathbf{Bel}_j \text{ объекта} = \frac{9 \sum \mu_{ij \text{ экс}} - \sum \mu_{ij \text{ экс}} \mu_{kj \text{ экс}}}{9 \sum \mu_{ij \text{ экс}} - 0.5 \sum \mu_{ij \text{ экс}} \mu_{kj \text{ экс}}}$$

где $j \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i, k = 1 \div 10$, $k \neq j$.

В результате применения такой процедуры сформирована непустая база знаний из трех эталонов.

Новый объект можно использовать для обновления базы знаний.

Прагматика обновления базы знаний:

Если \mathbf{Bel}_j объекта $\geq \mathbf{Bel}_0$ и \mathbf{Bel}_j объекта $> \mathbf{Bel}_j$ эталона, то $\mu_{ij} := \mu_{ij \text{ экс}}$

где \mathbf{Bel}_j объекта – мера доверия объекта с j – тым состоянием, \mathbf{Bel}_0 – пороговое значение степени доверия, при котором данные семантики, полученные в результате эксперимента, считаются приемлемыми для дальнейшего использования, \mathbf{Bel}_j эталона – мера доверия эталона с j – тым состоянием, μ_{ij} – значение функции принадлежности, находящиеся в непустой базе знаний, $\mu_{ij \text{ экс}}$ – значение функции принадлежности, полученное в результате эксперимента, $j \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i = 1 \div 10$.

Для эталона с j – тым состоянием мера доверия:

$$\text{Bel}_j \text{ эталона} = \frac{9 \sum \mu_{ij} - \sum \mu_{ij} \mu_{kj}}{9 \sum \mu_{ij} - 0.5 \sum \mu_{ij} \mu_{kj}}$$

где μ_{ij} – значение функции принадлежности, находящиеся в непустой базе знаний, $j \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i, k = 1 \div 10$, $k \neq j$.

Распознавание объектов

Имеется семантика объекта с неизвестным состоянием при известных наблюдениях:

$$\text{НМ}_k = \{ (\{ d_i, c_k \}, \mu_{ik}) \}$$

где $k \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i = 1 \div 10$.

Имеется также семантика непустой базы знаний, созданной по прагматике формирования/обновления:

$$\text{НМ}_j = \{ (\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij}) \}$$

где $j = 1 \div 3$, $i = 1 \div 10$.

Распознавание объекта – это определение его состояния $c_k \in \{ c_1, c_2, c_3 \}$ или значения $k \in \{ 1, 2, 3 \}$ в прагматике сопоставления объекта и базы знаний. Используем частный случай прагматики сопоставления объектов – прагматику распознавания.

Прагматика распознавания состояния объекта содержит следующие пункты:

1. По μ_{ij} выполним экспертизу эталонов и получим матрицу степеней сходства между эталонами:

$$L_{pq} = \text{Bel} [\text{MAX} (\mu_{ip}, \mu_{iq})] / \text{Bel} [\text{MIN} (\mu_{ip}, \mu_{iq})]$$

где $p, q = 1 \div 3$, $i = 1 \div 10$.

2. По полученной матрице L_{pq} определим порог степени сходства:

$$L_0 = \text{MIN} (L_{pq})$$

где $p = 1 \div 2$, $q = p + 1 \div 3$.

3. По μ_{ik} и μ_{ij} определим набор степени сходства:

$$\{ L_j \} = \text{Bel} [\text{MAX} (\mu_{ik}, \mu_{ij})] / \text{Bel} [\text{MIN} (\mu_{ik}, \mu_{ij})]$$

где $k \in \{ 1, 2, 3 \}$, $j = 1 \div 3$, $i = 1 \div 10$.

4. По $\{ L_j \}$ определим глобальный максимум L_{\max} из этого набора и его условие r :

$$L_{\max} = \text{MAX}(\{ L_j \}) \text{ при } j = r$$

где $j = 1 \div 3$, $r \in \{ 1, 2, 3 \}$.

5. По $\{ L_j \}$ и L_{\max} определим локальный максимум $L_{\max2}$ из этого набора:

$$L_{\max2} = \text{MAX}(\{ \{ L_j \} \setminus L_{\max} \})$$

где $\{ \{ L_j \} \setminus L_{\max} \}$ – разность множества $\{ L_j \}$ и L_{\max} , т. е. множество $\{ L_j \}$ без элемента L_{\max} , $j = 1 \div 3$.

6. По L_{\max} , L_0 и $L_{\max2}$ проверяем условия однозначного сходства:

$$L_{\max} \geq L_0 \text{ и } L_{\max} > L_{\max2}$$

7. Если условия пункта 6 не выполняются, заключаем, что однозначное распознавание невозможно и его завершаем, иначе по результатам пункта 4 определяем распознаваемое состояние:

$$k = r$$

где $k, r \in \{ 1, 2, 3 \}$.

8. По L_{\max} , L_0 и $L_{\max2}$ определим предельно допустимую ошибку сходства:

$$\Delta = L_{\max} - \text{MAX}(L_{\max2}, L_0)$$

9. Заключаем, что с ошибкой, меньшей предельно допустимой, однозначное сходство объекта и r – того эталона не противоречит базе знаний.

Взаимодействие фрагментов

Технологические фрагменты взаимодействуют в их программной, сценарной или аппаратной реализациях.

Рассмотрим программную реализацию с функциональным назначением – «Распознавание». В ней реализованы оба фрагмента:

«Создание базы знаний» и «Распознавание объектов». Причем все процедуры выполняются при любых изменениях μ_{ik} и μ_{ij} с

перерасчетом Bel_j объекта, Bel_j эталона, L_0 , L_{max} , L_{max2} и Δ .

Это позволяет с помощью одной программы решать прямые и обратные задачи.

Прямая задача – формирование базы знаний, а затем определение состояний различных объектов.

Обратная задача – по нескольким объектам путем подбора μ_{ij} эталонов формирование базы знаний для однозначного распознавания этих объектов.

В последней постановке взаимодействие фрагментов обеспечивается выполнением условия, например:

$Bel_0 = \text{MIN} (Bel_1 \text{ эталона}, Bel_2 \text{ эталона}, Bel_3 \text{ эталона})$.

Решению обратной задачи при указанном условии посвящена данная работа.

Схема выполнения работы

1. Выполнить пункты верхнего меню: «Программа–Распознавание» и с помощью данной программы для каждого эталона $\{ c_1, c_2, c_3 \}$ модифицировать значения его функции принадлежности μ_{ij} до достижения одномодальности этой функции на $[0, 1]$ при выполнении условий:

1. 1. Однозначное распознавание состояния исходного эталона (до модификации μ_{ij});

1. 2. Сохранение положения главной моды на области определения $\{ d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_{10} \}$.

1. 3. $Bel_0 \geq 0.73$.

В целях выполнения каждый эталон до модификации его μ_{ij} использовать в качестве объекта левой клавишей мыши на кнопке «Объект=Эталон».

Выбор объекта или эталона – сдвиг курсора на любой его элемент μ_{ij} и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа.

Далее линейкой скроллинга выбрать значение μ_{ij} .

В текущем сеансе CKS базу знаний можно сохранить в каталоге CKS левой клавишей мыши на кнопке «Сохранить» с отображением сохраненной базы знаний в окне под этой кнопкой.

Рекомендуется сохранять базу знаний по завершению модификации для каждого эталона при соблюдении вышеперечисленных условий.

По завершению модификации μ_{ij} для каждого эталона $\{c_1, c_2, c_3\}$ соотношение степеней сходства $\{L_1, L_2, L_3\}$ и L_0 зафиксировать произвольным образом.

Зафиксировать произвольным образом динамику порога степени сходства L_0 по мере достижения одномодальности эталонов.

2. Выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы» для возврата в меню работы. Затем выполнить пункт верхнего меню «Сертификация знаний», после чего **СКС** перейдет к сертификации знаний, полученных в ходе выполнения пункта 1 настоящей схемы.

3. Сертификация знаний.

В режиме сертификации знаний на экран выводятся вопросы с их перебором: увеличение/уменьшение номера вопроса – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос». В каждом вопросе имеются пропущенные места, которые необходимо заполнить перебором ответов: увеличение/уменьшение номера ответа – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». В **СКС** для каждого вопроса запоминается тот ответ, который выводится на экран при переборе вопросов. Изменить ответ на любой вопрос можно в пределах лимита времени ответов на все вопросы – 20 минут.

Число вопросов – от 2 до 5.

Число ответов на каждый вопрос – от 2 до 5.

В каждом сеансе сертификации знаний номера вопросов и ответов есть функции случайных кодов.

После ответов на все вопросы необходимо просмотреть вопросы с ответом перебором: левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос».

После завершения ответов на все вопросы выполнить пункт верхнего меню «Заключение». В **СКС** составляется заключение о результате работы и при положительной оценке (3, 4 или 5) она сохраняется в базе данных с выводом на экран. Заключение доступно только после перебора всех вопросов.

После получения заключения в правой нижней части экрана для каждого вопроса с ответом установлен флажок: зеленый/ красный при совпадении/несовпадении ответа с эталоном (правильным ответом). Перебор вопросов с ответом – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». Вывод эталона – левая клавиша мыши на кнопке «Эталон».

При отрицательном результате (оценка 2) необходимо повторить сертификацию знаний до положительного результата. Отрицательный результат в базу данных не заносится.

В **СКС** в базу данных заносится только первый положительный результат по каждой работе, остальные выводятся на экран без сохранения в базе данных.

По достижению положительного результата и просмотра вопросов

с ответом и эталонов следует выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы». Затем системным меню закрыть текущее окно и выполнить пункт верхнего меню «Отчет» для просмотра обновленной базы данных. Выход из **CKS** – выполнение пунктов верхнего меню «Выход–Из **CKS** ».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОБУЧЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы – освоение технологического фрагмента «Управление процессом».

Управление процессом

Семантика каждого физического объекта содержит два множества: наблюдений над объектом (или просто наблюдений) и состояний природы объекта (или просто состояний), между которыми имеется взаимная связь. В общем случае наблюдения и состояния зависят от времени.

Таким образом, наблюдения, состояния и время образуют параметрическое пространство, в котором находится образ объекта.

Процессом назовем перемещение образа объекта в пространстве { наблюдения, состояния, время } по стационарной траектории с нестационарными отклонениями (возмущениями).

Перемещение образа объекта в заданных границах отсчета времени назовем реализацией процесса.

Управление процессом заключается в том, чтобы из множестве наблюдений и состояний выбрать такое их подмножество, при котором в условиях нестационарных возмущений расстояние от образа объекта до его стационарной траектории не превышает заданную величину для любых реализаций процесса.

Таким образом, в пространстве { наблюдения, состояния, время } при нестационарном отклонении (возмущении) образа объекта от стационарной траектории требуется выбрать такое подмножество в этом пространстве (выработать управляющее воздействие на образ объекта), чтобы расстояние от образа объекта до его стационарной траектории не превышало заданную величину.

Для управления процессом требуется выполнить обучение базы знаний управления и затем перейти к ее эксплуатации.

Обучение базы знаний управления

В простейшем случае образ объекта – это следующие параметры:

– время t с шагом квантования Δt , числом шагов T ($1 \leq T \leq 10$)

и числом квантов запаздывания τ .

– возмущение y с шагом квантования Δy , диапазоном y_{\max}

($1 \leq y_{\max} / \Delta y \leq 10$) и граничным значением y_0

($1 \leq y_0 / \Delta y \leq 10$).

– управляющее воздействие ϕ с шагом квантования $\Delta\phi$, и диапазоном ϕ_{\max} ($-10 \leq \phi_{\max} / \Delta\phi \leq -1$).

Тогда возмущение определим как \mathbf{HM}_1 , а управляющее воздействие как – \mathbf{HM}_2 :

$$\mathbf{HM}_1 = \{ [\mathbf{d}_i, \mu_i (t / \Delta t)] \}$$

$$\mathbf{HM}_2 = \{ [\mathbf{c}_j, \mu_j (t / \Delta t)] \}$$

где \mathbf{d}_i – наблюдение, соответствующему текущему значению относительного возмущения $y / \Delta y$, $n = 2 y_{\max} / \Delta y + 1$,
 $i = y / \Delta y + (n - 1) / 2 + 1$ или $i = 1 \div n$,
 \mathbf{c}_j – состояние, соответствующему текущему значению относительного управляющего воздействия $\phi / \Delta\phi$, $m = 2 | \phi_{\max} | / \Delta\phi + 1$,
 $j = \phi / \Delta\phi + (m - 1) / 2 + 1$ или $j = 1 \div m$,
 $\mu_i (t / \Delta t)$, $\mu_j (t / \Delta t)$ – функции принадлежности для возмущения и управляющего воздействия, соответственно, $t / \Delta t$ – номер шага квантования.

Функция принадлежности определяется при каждом $t / \Delta t = 1 \div T$ следующим образом:

$$\mu_i (t / \Delta t) = \mu_i (t / \Delta t - 1) + 1 / n \leq \mu_{\max}, \mu_i (0) = \mu_0$$

$$\mu_p (t / \Delta t) = \mu_p (t / \Delta t - 1) - 1 / [n (n - 1)] \geq \mu_{\min}, \mu_p (0) = \mu_0$$

$$\mu_j (t / \Delta t) = \mu_j (t / \Delta t - 1) + 1 / m \leq \mu_{\max}, \mu_j (0) = \mu_0$$

$$\mu_q (t / \Delta t) = \mu_q (t / \Delta t - 1) - 1 / [m (m - 1)] \geq \mu_{\min}, \mu_q (0) = \mu_0$$

где $\mu_i (t / \Delta t)$ – функция принадлежности для наблюдения \mathbf{d}_i , которое соответствует текущему значению $y / \Delta y$;
 $\mu_p (t / \Delta t)$ – функция принадлежности для остальных наблюдений \mathbf{d}_p ;
 $\mu_j (t / \Delta t)$ – функция принадлежности для состояния \mathbf{c}_j , которое соответствует текущему значению $\phi / \Delta\phi$;
 $\mu_q (t / \Delta t)$ – функция принадлежности для остальных состояний \mathbf{c}_q ;
 $\mu_{\max}, \mu_0, \mu_{\min}$ – максимальное, начальное и минимальное значения функции принадлежности, соответственно, $i \in \{ 1, 2, \dots, n \}$,
 $j \in \{ 1, 2, \dots, m \}$, $p = 1 \div n$, $p \neq i$, $q = 1 \div m$, $q \neq j$.

Взаимная связь возмущения и управляющего воздействия на каждом $t / \Delta t$ есть нечеткое отношение:

$$\mathbf{HO} = \{ [\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij} (t / \Delta t)] \}$$

где $\mu_{ij} (t / \Delta t) = \text{MIN} [\mu_i (t / \Delta t), \mu_j (t / \Delta t)]$, $i = 1 \div n$,
 $j = 1 \div m$.

Из $\mathbf{HO} = \{ [\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij} (t / \Delta t)] \}$ сформируем базу знаний управления:

$$\mathbf{HO}_{\text{упр}} = \{ (\{ d_i, c_j \}, \mu_{ij}) \}$$

где $\mu_{ij} = \sum \mu_{ij} (t / \Delta t) / T$, $t / \Delta t = 1 \div T$.

Эксплуатация базы знаний управления

Взаимная связь возмущения \mathbf{HM}_1 и управляющего воздействия \mathbf{HM}_2 , усредненная по $t / \Delta t$, определяется нечетким отношением $\mathbf{HO}_{\text{упр}}$ (база знаний управления).

Эта связь есть правила нечеткого вывода типа: если \mathbf{HM}_1 , то \mathbf{HM}_2 и если \mathbf{HM}_2 , то \mathbf{HM}_1 . Используем их в прагматике. Если в реализации процесса на некотором шаге $t / \Delta t$ появится возмущение, то определяем управляющее воздействие с помощью нечеткого вывода: если \mathbf{HM}_1 , то \mathbf{HM}_2 , используя правило композиции:

$$\mu_{j \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau) = \text{MAX} [\text{MIN} (\mu_{i \text{ экс}} (t / \Delta t), \mu_{ij}]$$

где $\mu_{j \text{ расч}}$ – расчетное значение функции принадлежности для наблюдения, $\mu_{i \text{ экс}}$ – экспериментальное (опытное) значение функции принадлежности для состояния, μ_{ij} – матрица значений функции принадлежности в базе знаний управления, τ – число шагов запаздывания выработки управляющего воздействия относительно появления возмущения, $i = 1 \div n$, $j = 1 \div m$.

Далее определяем отклонение от траектории с помощью нечеткого вывода: если \mathbf{HM}_2 , то \mathbf{HM}_1 , используя правило композиции:

$$\mu_{i \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau) = \text{MAX} [\text{MIN} (\mu_{j \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau), \mu_{ji}]$$

где $\mu_{i \text{ расч}}$ – расчетное значение функции принадлежности для состояния, $\mu_{j \text{ расч}}$ – расчетное значение функции принадлежности для наблюдения, μ_{ji} – матрица, транспонированная относительно μ_{ij} , τ – число шагов запаздывания выработки управляющего воздействия относительно появления возмущения, $i = 1 \div n, j = 1 \div m$.

Теперь по $\mu_{i \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau)$ и $\mu_{j \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau)$ определяем координаты объекта:

$$y_{\text{расч}} / \Delta y (t / \Delta t + \tau) = i_{\text{max}} (t / \Delta t + \tau) - (n - 1) / 2 - 1$$

$$\phi_{\text{расч}} / \Delta \phi (t / \Delta t + \tau) = j_{\text{max}} (t / \Delta t + \tau) - (m - 1) / 2 - 1$$

где $y_{\text{расч}} / \Delta y (t / \Delta t + \tau)$ – расчетное значение наблюдения на шаге $t / \Delta t + \tau$, $\phi_{\text{расч}} / \Delta \phi (t / \Delta t + \tau)$ – расчетное значение состояния на шаге $t / \Delta t + \tau$, $i_{\text{max}} (t / \Delta t + \tau)$ – условие операции

$\text{MAX} \{ \mu_{i \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau) \}$ при $i = 1 \div n$, $j_{\text{max}} (t / \Delta t + \tau)$ – условие операции $\text{MAX} \{ \mu_{j \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau) \}$ при $j = 1 \div m$.

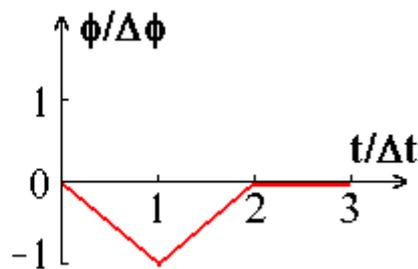
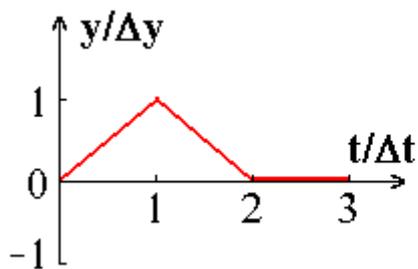
Наличие нескольких максимумов $\{ \mu_{i \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau) \}$ и/или $\{ \mu_{j \text{ расч}} (t / \Delta t + \tau) \}$ приведет к неоднозначности перехода из пространства { наблюдение, состояние, время } – семантический мир в пространство { координаты объекта, время } – физический мир.

Неоднозначность может быть устранена надлежащим выбором условий: начального – μ_0 и граничных – $\mu_{\text{max}}, \mu_{\text{min}}$.

Таким образом, в пространстве $\{ \mu_{\text{max}}, \mu_{\text{min}}, \mu_0 \}$ могут быть определены области неоднозначности управления процессом.

Схема выполнения работы

1. Выполнить пункты верхнего меню: «Программа–Управление» и с помощью данной программы в пространстве $\{ \mu_{\text{max}}, \mu_{\text{min}}, \mu_0 \}$ на $[0, 1]$ с шагом 0.1 определить области неоднозначности управления процессом при $t / \Delta t = 1 \div 3, \tau = 1, y_0 / \Delta y = 1, y_{\text{экс}} / \Delta y (t / \Delta t) = y / \Delta y (t / \Delta t)$. База знаний обучено по:



В целях выполнения каждый элемент пространства варьировать в указанном диапазоне с контролем неоднозначности параметров $u_{расч} / \Delta u$ и $\phi_{расч} / \Delta \phi$ по $\mu_i_{расч}$ и $\mu_j_{расч}$.

Выбор элемента пространства – сдвиг курсора на любой его элемент μ и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа. Далее линейкой скроллинга выбрать значение μ .

В текущем сеансе **СКС** значения элементов пространства можно сохранить/загрузить в каталоге **СКС** левой клавишей мыши на кнопках «Сохранить»/«Загрузить» с отображением значений в окне под этими кнопками.

По завершению поиска областей неоднозначности зафиксировать полученные значения $\{ \mu_{max}, \mu_{min}, \mu_0 \}$ произвольным образом.

2. Выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы» для возврата в меню работы. Затем выполнить пункт верхнего меню «Сертификация знаний», после чего **СКС** перейдет к сертификации знаний, полученных в ходе выполнения пункта 1 настоящей схемы.
3. Сертификация знаний.

В режиме сертификации знаний на экран выводятся вопросы с их перебором: увеличение/уменьшение номера вопроса – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос». В каждом вопросе имеются пропущенные места, которые необходимо заполнить перебором ответов: увеличение/уменьшение номера ответа – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». В **СКС** для каждого вопроса запоминается тот ответ, который выводится на экран при переборе вопросов. Изменить ответ на любой вопрос можно в пределах лимита времени ответов на все вопросы – 20 минут.

Число вопросов – от 2 до 5.

Число ответов на каждый вопрос – от 2 до 5.

В каждом сеансе сертификации знаний номера вопросов и ответов есть функции случайных кодов.

После ответов на все вопросы необходимо просмотреть вопросы с ответом перебором: левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос».

После завершения ответов на все вопросы выполнить пункт верхнего меню «Заключение». В **СКС** составляется заключение о результате работы и при положительной оценке (3, 4 или 5) она сохраняется в базе данных с выводом на экран. Заключение доступно только после перебора всех вопросов.

После получения заключения в правой нижней части экрана для каждого вопроса с ответом установлен флажок: зеленый/ красный при совпадении/несовпадении ответа с эталоном (правильным ответом). Перебор вопросов с ответом – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». Вывод эталона – левая клавиша мыши на кнопке «Эталон».

При отрицательном результате (оценка 2) необходимо повторить сертификацию знаний до положительного результата. Отрицательный результат в базу данных не заносится.

В **CKS** в базу данных заносится только первый положительный результат по каждой работе, остальные выводятся на экран без сохранения в базе данных.

По достижению положительного результата и просмотра вопросов с ответом и эталонов следует выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы». Затем системным меню закрыть текущее окно и выполнить пункт верхнего меню «Отчет» для просмотра обновленной базы данных. Выход из **CKS** – выполнение пунктов верхнего меню «Выход–Из **CKS** ».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Цель работы – освоение нечеткой вычислительной технологии, состоящей из фрагментов: «Создание базы знаний» и «Распознавание объектов», «Сертификация программ».

Сертификация программных средств

В соответствии с Законом РФ «О сертификации продукции и услуг», ГОСТ Р 560646–94 и МС ИСО 8402 объектом сертификации может быть программная продукция (программные средства, или просто программы).

Сертификация программы – это установление ее соответствия существующим нормам годности и техническим требованиям.

Наиболее актуальным является сертификация части программы – интерфейса пользователя, так как применение несоответствующего интерфейса может привести к отрицательному влиянию на здоровье пользователя.

Параметры интерфейса есть предмет оценивания разработчиками и экспертами, поэтому для сертификации интерфейса целесообразно применить: «Система сертификации ГОСТ Р» и технологические фрагменты: «Создание базы знаний» и «Распознавание объектов».

«Система сертификации ГОСТ Р» указывает на следующие результаты сертификации в части соответствия продукции:

- полное соответствие;
- частичное соответствие;
- отсутствие соответствия.

Для достижения таких результатов в технологии распознавания объектов необходимо создать и использовать три эталона:

С₁ – для достижения результата «Полное соответствие»;

С₂ – для достижения результата «Частичное соответствие» в его наилучшем случае;

С₃ – для достижения результата «Частичное соответствие» в его наихудшем случае;

Результат «Отсутствие соответствия» в технологии распознавания объектов – это отказ от распознавания.

Зададим число наблюдений $n = 10$ и каждому элементу множеству наблюдений $\{ d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_{10} \}$ сопоставим параметр интерфейса и его градацию.

D	Параметр	Градация
d₁	Многооконность	1
d₂	Многооконность	2 – 3
d₃	Многооконность	Настраиваемая
d₄	Псевдопараллельность	Полная
d₅	обработки данных в	Частичная
d₆	Окнах	Отсутствует
d₇	Защита от абсурда	Да
d₈	при вводе данных	Нет
d₉	Графическое	Да
d₁₀	сопровождение вывода	Нет

Теперь необходимо экспертным путем для каждого эталона определить значения μ_{ij} . Для этого следует руководствоваться относительным числом (индикатор частоты **S**) эталонов с состоянием **c_j** при наблюдении **d_i** в общем числе интерфейсов программ, с которыми приходилось работать. При этом используется ранговая шкала с лингвистическими и численными градациями **S**.

S	Значение	
	Лингвистическое	Численное
s₁	Иногда	0.1
s₂	Не очень часто	0.4
s₃	Обычно	0.5
s₄	Довольно часто	0.7
s₅	Часто	0.8
s₆	Почти всегда	0.9

Таким образом, эталоны $\{c_1, c_2, c_3\}$ образуют базу знаний:

$$HM_j = \{ (\{d_i, c_j\}, \mu_{ij}) \}$$

где $j = 1 \div 3, i = 1 \div 10$.

По сформированной базе знаний получим набор функций доверия $\{Bel_1, Bel_2, Bel_3\}$ для эталонов $\{c_1, c_2, c_3\}$ соответственно.

Пороговое значение $Bel_0 = \text{MIN} (Bel_1, Bel_2, Bel_3)$.

Интерфейсу, подлежащему сертификации, соответствует объект, подлежащий распознаванию:

$$HM_k = \{ (\{ d_i, c_k \}, \mu_{ik}) \}$$

где $k \in \{ 1, 2, 3 \}$, $i = 1 \div 10$.

Теперь необходимо экспертным путем для объекта определить значения функции принадлежности μ_{ik} . Для этого следует руководствоваться мерой доверия Bel_k факту $(\{ d_i, c_k \}, \mu_{ik})$ по ранговой шкале $\{ 0.1, 0.4, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9 \}$. Градации ранговой шкалы для μ_{ik} и μ_{ij} должны быть одинаковыми.

Распознавание объекта проводится при соблюдении следующих условий: $Bel_1 \leq Bel_2 \leq Bel_3$, $Bel_{\text{объекта}} < Bel_k$, $k = \text{const}$.

При соблюдении этих условий градации ранговой шкалы для μ_{ik} и μ_{ij} образуют области устойчивой сертификации интерфейса.

Устойчивость сертификации тестируется переходами из одной области (набор градаций) в другую область с результатом – сохранение вышеперечисленных условий.

По А. М. Ляпунову устойчивость представляет собой реакцию системы дифференциальных уравнений на вариацию параметров.

В технологическом фрагменте «Сертификация программных средств» использован частный случай – устойчивость «В малом».

Градации ранговой шкалы индикатора частоты S для экспертного определения μ_{ik} и μ_{ij} имеют минимальную вариацию – **0.1**.

Устойчивость сертификации интерфейса «В малом» означает, что при вариации на **0.1** между двумя областями устойчивости (наборами градаций) при распознавании по базе знаний объекта его состояние не изменяется.

Например, на наборах градаций $\{ 0.1, 0.4, 0.7, 0.8 \}$ и $\{ 0.1, 0.5, 0.7, 0.8 \}$ состояние объекта – c_3 .

Схема выполнения работы

1. Выполнить пункты верхнего меню: «Программа–Сертификация» и с помощью данной программы определить области устойчивой сертификации интерфейса программы «Объект».

В целях выполнения изучить интерфейсы программ «С2», «С3», «Объект». В качестве эталона c_1 использовать параметры интерфейса программы MathCad.

Вариациями градаций из набора $\{ 0.1, 0.4, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9 \}$ для μ_{ik} и μ_{ij} при соблюдении условий: $Bel_1 \leq Bel_2 \leq Bel_3$, $Bel_{\text{объекта}} < Bel_k$, $k = \text{const}$ определить области устойчивой сертификации интерфейса программы «Объект».

Найденные сочетания градаций зафиксировать произвольным образом.

Выбор объекта или эталона – сдвиг курсора на любой его элемент **μ** и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа.

Далее линейкой скроллинга выбрать значение **μ**.

В текущем сеансе **СКС** базу знаний можно сохранить в каталоге **СКС** левой клавишей мыши на кнопке «Сохранить» с отображением сохраненной базы знаний в окне под этой кнопкой.

2. Выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы» для возврата в меню работы. Затем выполнить пункт верхнего меню «Сертификация знаний», после чего **СКС** перейдет к сертификации знаний, полученных в ходе выполнения пункта 1 настоящей схемы.

3. Сертификация знаний.

В режиме сертификации знаний на экран выводятся вопросы с их перебором: увеличение/уменьшение номера вопроса – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос». В каждом вопросе имеются пропущенные места, которые необходимо заполнить перебором ответов: увеличение/уменьшение номера ответа – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». В **СКС** для каждого вопроса запоминается тот ответ, который выводится на экран при переборе вопросов. Изменить ответ на любой вопрос можно в пределах лимита времени ответов на все вопросы – 20 минут.

Число вопросов – от 2 до 5.

Число ответов на каждый вопрос – от 2 до 5.

В каждом сеансе сертификации знаний номера вопросов и ответов есть функции случайных кодов.

После ответов на все вопросы необходимо просмотреть вопросы с ответом перебором: левая/правая клавиша мыши на кнопке «Вопрос».

После завершения ответов на все вопросы выполнить пункт верхнего меню «Заключение». В **СКС** составляется заключение о результате работы и при положительной оценке (3, 4 или 5) она сохраняется в базе данных с выводом на экран. Заключение доступно только после перебора всех вопросов.

После получения заключения в правой нижней части экрана для каждого вопроса с ответом установлен флажок: зеленый/ красный при совпадении/несовпадении ответа с эталоном (правильным ответом). Перебор вопросов с ответом – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». Вывод эталона – левая клавиша мыши на кнопке «Эталон».

При отрицательном результате (оценка 2) необходимо повторить сертификацию знаний до положительного результата. Отрицательный результат в базу данных не заносится.

В **СКС** в базу данных заносится только первый положительный результат по каждой работе, остальные выводятся на экран без сохранения в базе данных.

По достижению положительного результата и просмотра вопросов с ответом и эталонов следует выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы». Затем системным меню закрыть текущее окно и выполнить пункт верхнего меню «Отчет» для просмотра

обновленной базы данных. **Выход из CKS** – выполнение пунктов
верхнего меню «**Выход–Из CKS**».

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ «РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТА»

В общем случае технология распознавания объектов есть прямая и обратная задачи.

В прямой задаче задана база знаний, определенная на множествах:

– состояний $\{C_1, C_2, C_3\}$ (три эталона в частном случае);

– наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$ (десять наблюдений в частном случае).

Требуется найти состояние объекта из набора $\{C_1, C_2, C_3\}$ с расчетом предельно допустимой ошибки сходства Δ или сделать вывод о невозможности распознавания этого объекта, если его состояние не совпадает с градациями набора $\{C_1, C_2, C_3\}$.

В обратной задаче могут быть заданы следующие исходные данные.

1. База знаний, определенная на множествах:

– состояний $\{C_1, C_2, C_3\}$ (три эталона в частном случае);

– наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$ (десять наблюдений в частном случае).

2. Состояние объекта из набора $\{C_1, C_2, C_3\}$ (C_2 в частном случае).

3. Значение ошибки распознавания на $[0, 1]$ (0.1 в частном случае).

Требуется для всех наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$ найти значения μ объекта на $[0, 1]$ (из набора $\{0, 1\}$ в частном случае).

Решение надлежит найти путем вариации значений μ объекта из набора $\{0, 1\}$ с учетом следующих факторов целенаправленности.

1. Затраты на получение исходных данных есть обратная функция предельно допустимой ошибки сходства Δ .

2. Вариации μ объекта на наборе $\{0, 1\}$ выполняются по шагам, причем шаг соответствует градации наблюдения на множестве $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$.

3. Замена μ объекта 0 на 1 приводит к результатам: небольшое изменение Δ (0.01–0.05) с изменением состояния объекта за один или несколько шагов.

4. Замена μ объекта 1 на 0 приводит к результатам: значительное изменение Δ (0.05–0.5) с изменением состояния объекта за один или несколько шагов.

5. У эталонов C_1 и C_2 при некоторых наблюдениях может быть синергизм эталонов: $\mu = 1$. В этом случае учитывать антагонизм эталона C_1 и объекта при этих наблюдениях.

6. При пошаговых вариациях μ объекта на наборе $\{0, 1\}$ следует

контролировать значение Δ и состояние объекта. Возможен случай приближения по Δ к заданному значению ошибки распознавания при нарушении условия задачи по состоянию объекта.

7. Расчет Δ выполняется с точностью до второго знака, поэтому задача может иметь несколько решений с учетом пп. 3, 4 и 5. Необходимо найти все эти решения.

Рассмотрим несколько примеров.

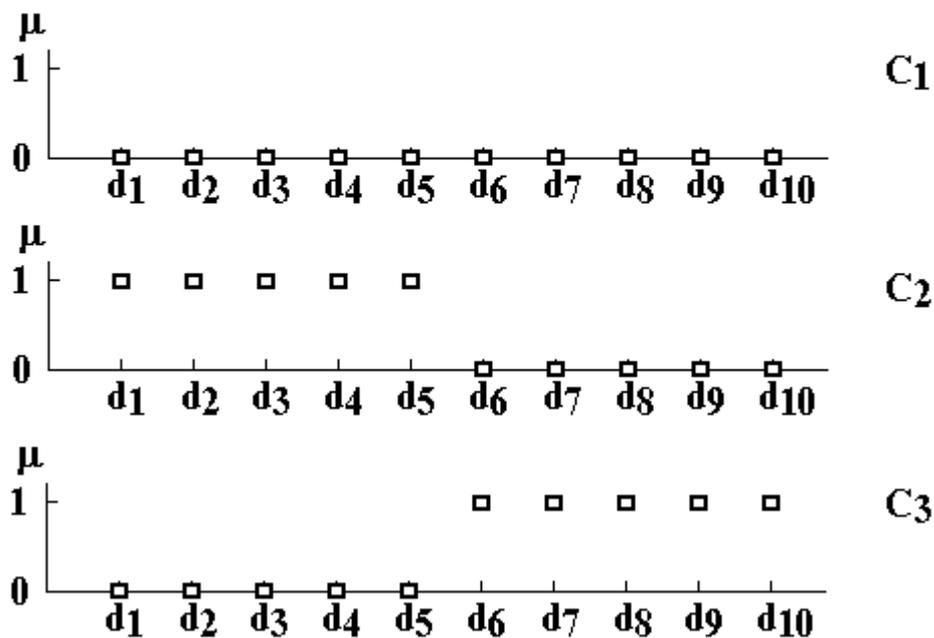
Пример 1.

По базе знаний с заданной ошибкой 0.1 распознаем

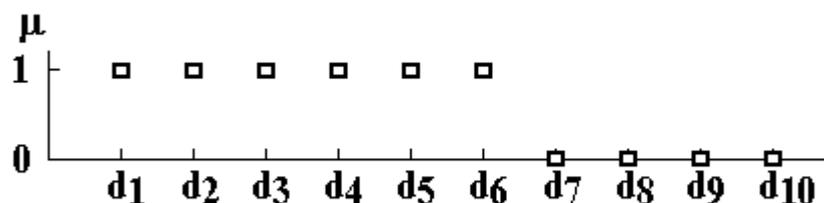
S_1 S_2 S_3 состояние объекта как S_2 .

	S_1	S_2	S_3	
d_1	0	1	0	На наборе $\{0, 1\}$ так определить значения функции принадлежности объекта, чтобы обеспечить максимальное использование затрат на получение исходных данных.
d_2	0	1	0	
d_3	0	1	0	
d_4	0	1	0	
d_5	0	1	0	
d_6	0	0	1	
d_7	0	0	1	
d_8	0	0	1	
d_9	0	0	1	
d_{10}	0	0	1	

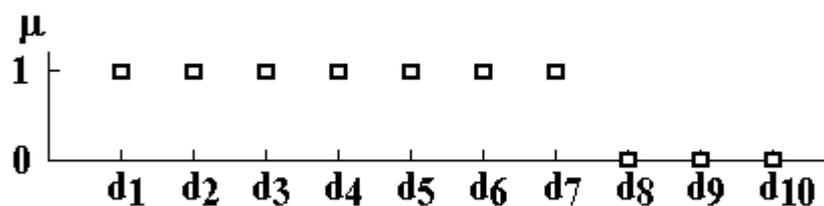
Исходные данные в графическом представлении на множествах состояний $\{S_1, S_2, S_3\}$ и наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$.



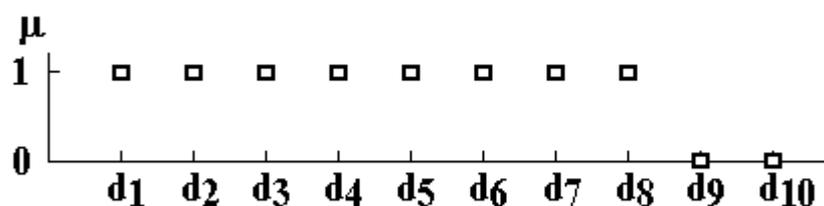
Шаг 1. $\Delta = 0.24$, состояние объекта C_2



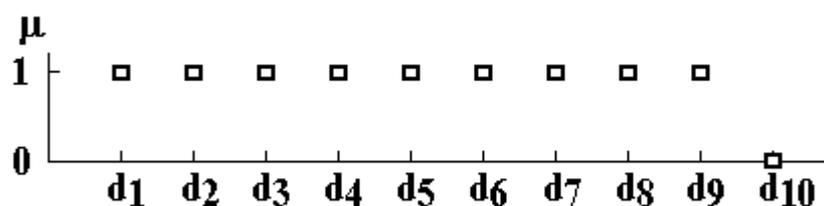
Шаг 2. $\Delta = 0.20$, состояние объекта C_2



Шаг 3. $\Delta = 0.15$, состояние объекта C_2



Шаг 4. $\Delta = 0.08$, состояние объекта C_2



На шаге 4 получен результат с превышением затрат на получение исходных данных: предельно допустимая ошибка сходства менее ошибки распознавания. Поэтому выбираем результат шага 3:

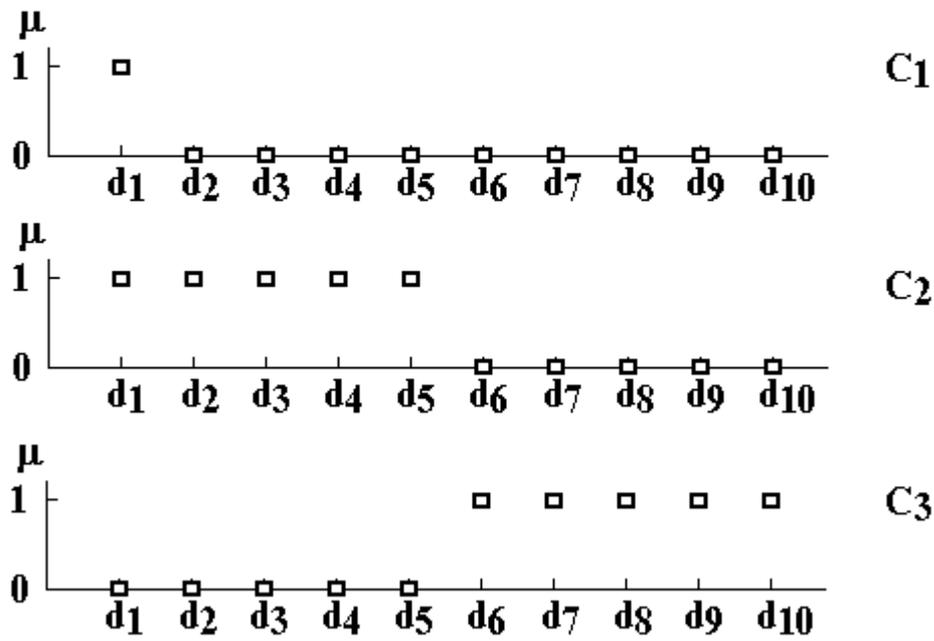
	База знаний			Объект
	C1	C2	C3	C2
d1	0	1	0	1
d2	0	1	0	1
d3	0	1	0	1
d4	0	1	0	1
d5	0	1	0	1
d6	0	0	1	1
d7	0	0	1	1
d8	0	0	1	1
d9	0	0	1	0
d10	0	0	1	0

Пример 2.

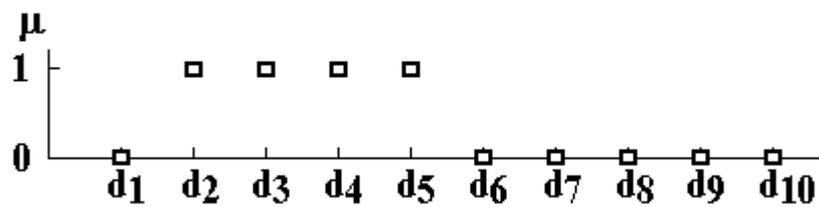
По базе знаний с заданной ошибкой **0.1** распознаем

	C1	C2	C3	состояние объекта как C2.
d1	1	1	0	На наборе { 0, 1 } так определить
d2	0	1	0	значения функции принадлежности
d3	0	1	0	объекта, чтобы обеспечить макси-
d4	0	1	0	мальное использование затрат на
d5	0	1	0	получение исходных данных.
d6	0	0	1	
d7	0	0	1	
d8	0	0	1	
d9	0	0	1	
d10	0	0	1	

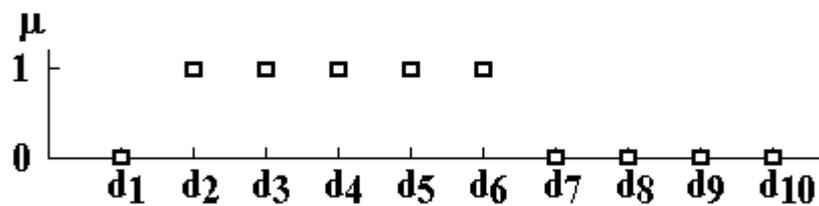
Исходные данные в графическом представлении на множествах состояний $\{C_1, C_2, C_3\}$ и наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$.



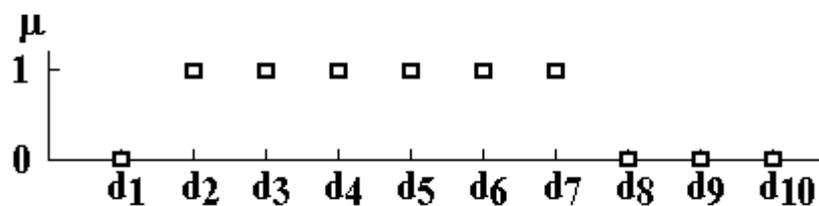
Шаг 1. $\Delta = 0.18$, состояние объекта C_2



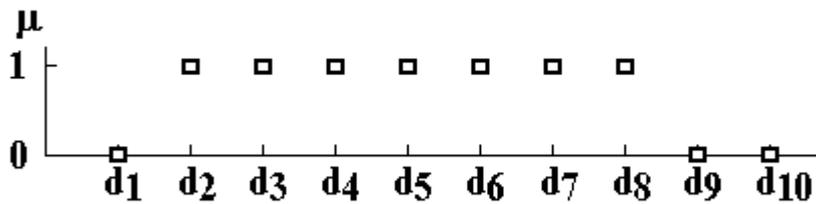
Шаг 2. $\Delta = 0.15$, состояние объекта C_2



Шаг 3. $\Delta = 0.12$, состояние объекта C_2



Шаг 4. $\Delta = 0.09$, состояние объекта C_2



На шаге 4 получен результат с превышением затрат на получение исходных данных: предельно допустимая ошибка сходства менее ошибки распознавания. Поэтому выбираем результат шага 3:

	База знаний			Объект
	C1	C2	C3	C2
d1	1	1	0	0
d2	0	1	0	1
d3	0	1	0	1
d4	0	1	0	1
d5	0	1	0	1
d6	0	0	1	1
d7	0	0	1	1
d8	0	0	1	0
d9	0	0	1	0
d10	0	0	1	0

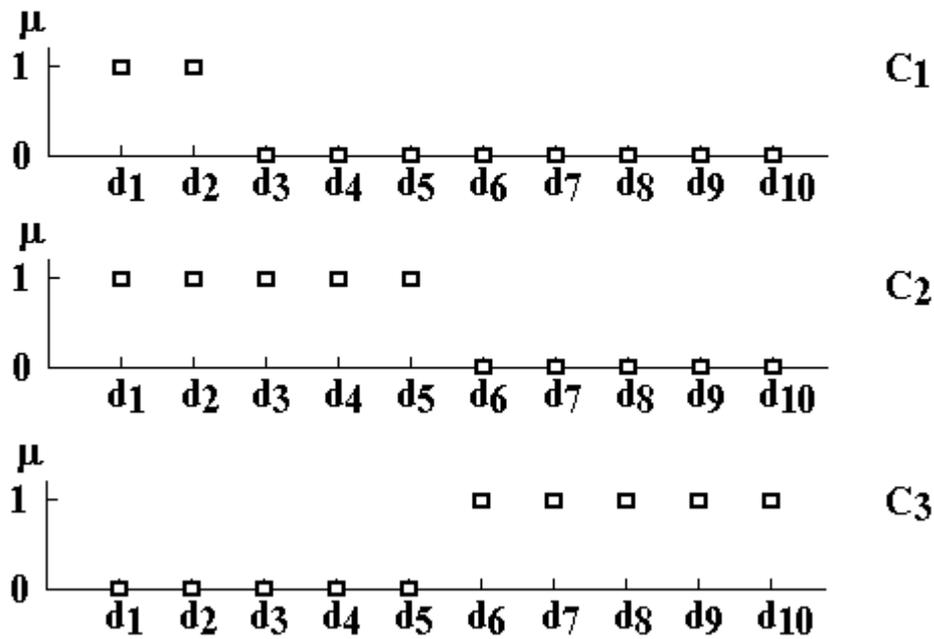
Пример 3.

По базе знаний с заданной ошибкой 0.1 распознаем

C_1 C_2 C_3 состояние объекта как C_2 .

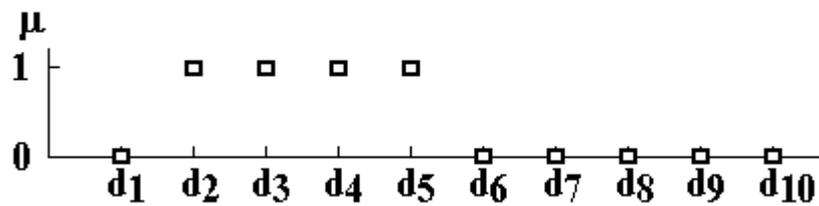
d1	1	1	0	На наборе $\{0, 1\}$ так определить значения функции принадлежности объекта, чтобы обеспечить максимальное использование затрат на получение исходных данных.
d2	1	1	0	
d3	0	1	0	
d4	0	1	0	
d5	0	1	0	
d6	0	0	1	
d7	0	0	1	
d8	0	0	1	
d9	0	0	1	
d10	0	0	1	

Исходные данные в графическом представлении на множествах состояний $\{C_1, C_2, C_3\}$ и наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$.

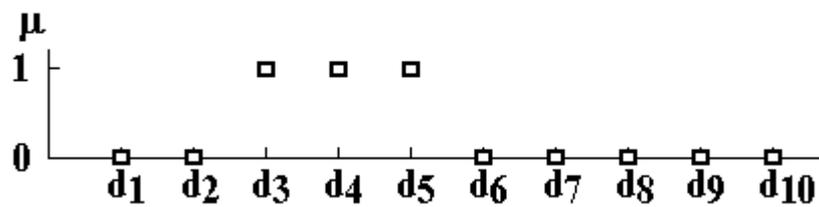


Решение 1.

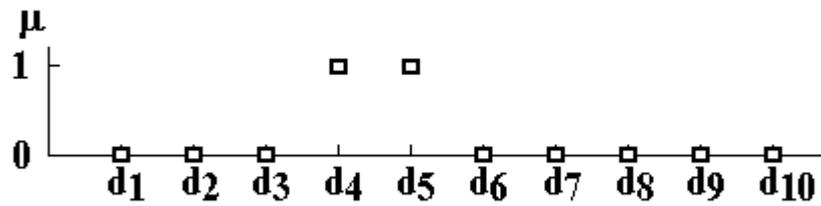
Шаг 1. $\Delta = 0.18$, состояние объекта C_2



Шаг 2. $\Delta = 0.11$, состояние объекта C_2

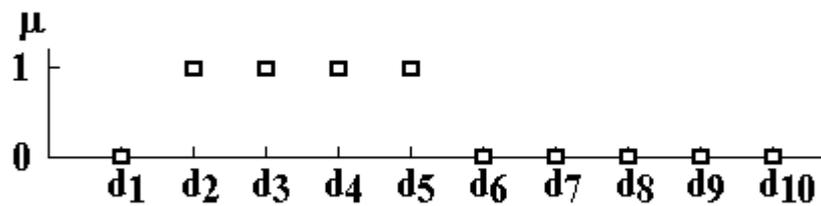


Шаг 3. $\Delta = 0.04$, состояние объекта C_2

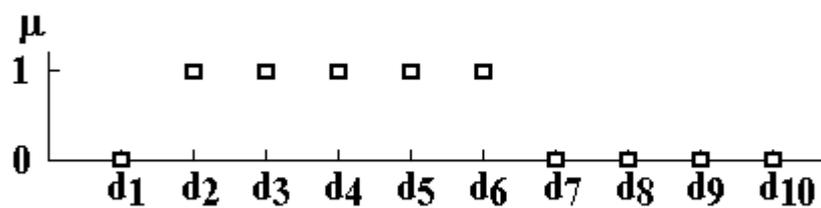


Решение 2.

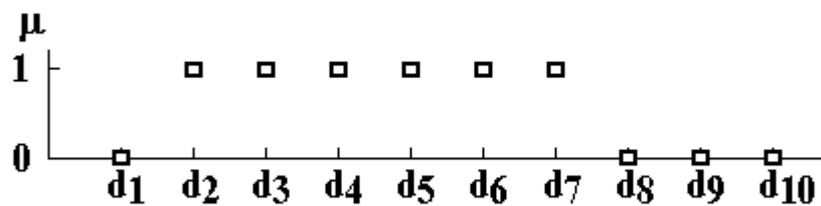
Шаг 1. $\Delta = 0.18$, состояние объекта C_2



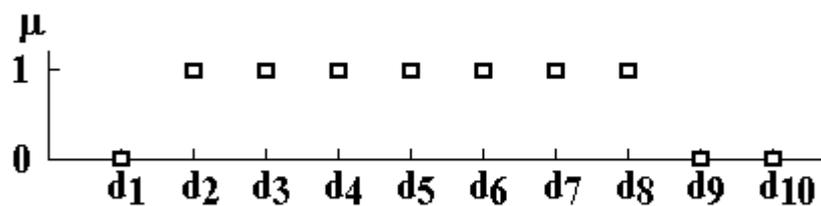
Шаг 2. $\Delta = 0.15$, состояние объекта C_2



Шаг 3. $\Delta = 0.12$, состояние объекта C_2



Шаг 4. $\Delta = 0.09$, состояние объекта C_2



На шаге 3 решения 1 и шаге 4 решения 2 получены результаты с превышением затрат на получение исходных данных: предельно допустимая ошибка сходства менее ошибки распознавания.

На шаге 2 решения 1 и шаге 3 решения 2 получены результаты: предельно допустимая ошибка сходства $\{0.11, 0.12\}$ превышает ошибку распознавания. Значение 0.11 соответствует максимальному использованию затрат на получение исходных данных. Поэтому выбираем результат шага 2 решения 1:

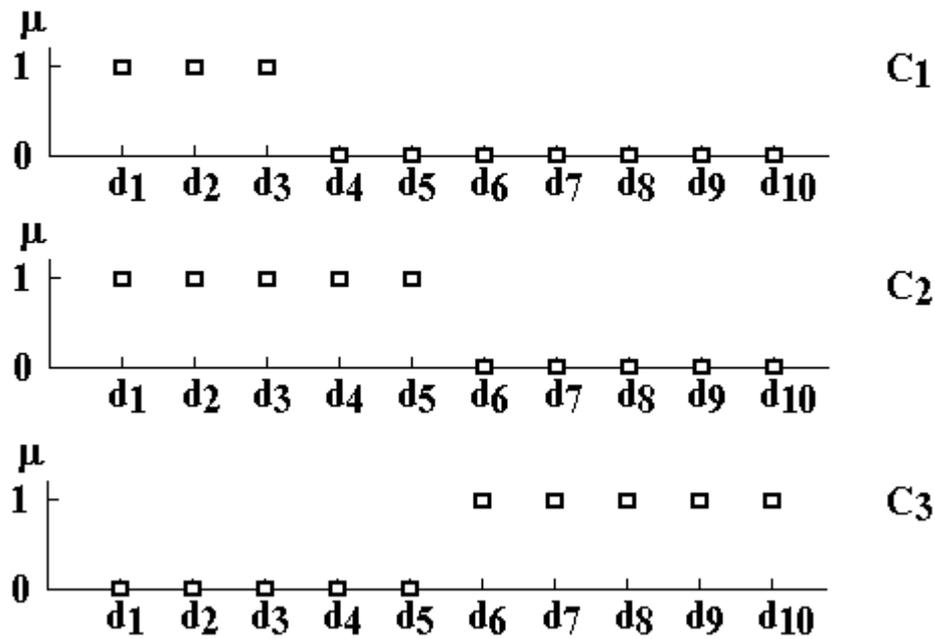
	База знаний			Объект
	C1	C2	C3	C2
d1	1	1	0	0
d2	1	1	0	0
d3	0	1	0	1
d4	0	1	0	1
d5	0	1	0	1
d6	0	0	1	0
d7	0	0	1	0
d8	0	0	1	0
d9	0	0	1	0
d10	0	0	1	0

Пример 4.

По базе знаний с заданной ошибкой 0.1 распознаем

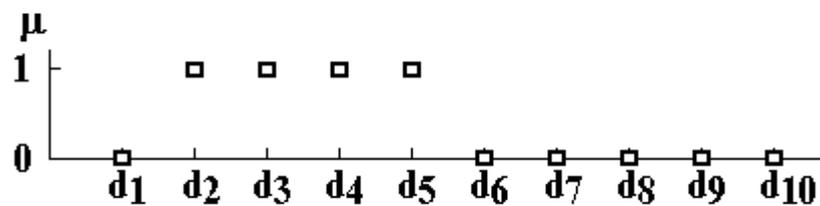
	C1	C2	C3	состояние объекта как C2.
d1	1	1	0	На наборе $\{0, 1\}$ так определить значения функции принадлежности объекта, чтобы обеспечить максимальное использование затрат на получение исходных данных.
d2	1	1	0	
d3	1	1	0	
d4	0	1	0	
d5	0	1	0	
d6	0	0	1	
d7	0	0	1	
d8	0	0	1	
d9	0	0	1	
d10	0	0	1	

Исходные данные в графическом представлении на множествах состояний $\{C_1, C_2, C_3\}$ и наблюдений $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}\}$.

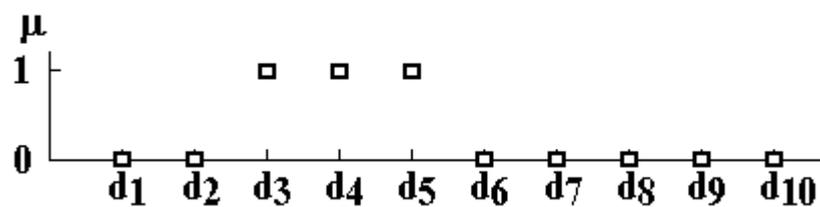


Решение 1.

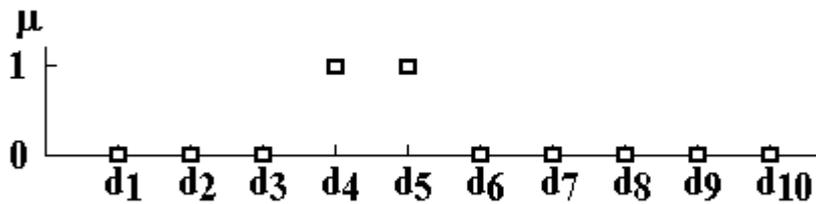
Шаг 1. $\Delta = 0.13$, состояние объекта C_2



Шаг 2. $\Delta = 0.11$, состояние объекта C_2

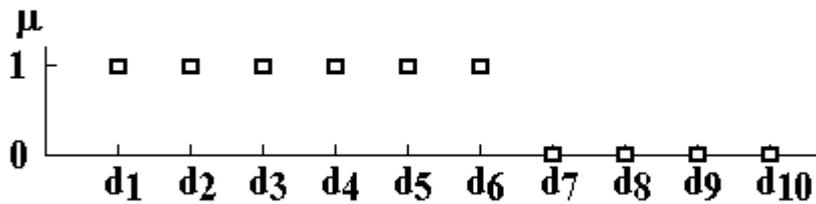


Шаг 3. $\Delta = 0.05$, состояние объекта C_2

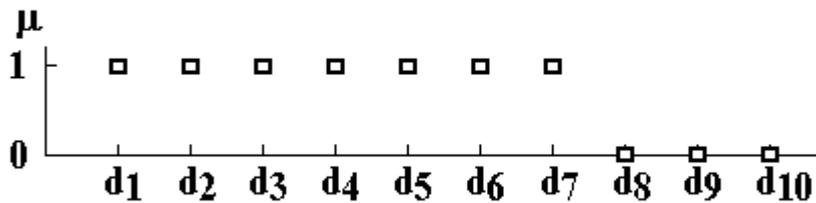


Решение 2.

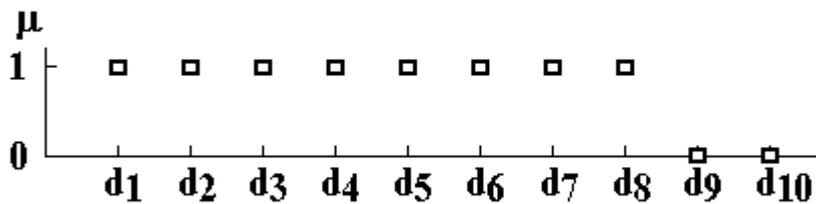
Шаг 1. $\Delta = 0.16$, состояние объекта C_2



Шаг 2. $\Delta = 0.13$, состояние объекта C_2



Шаг 3. $\Delta = 0.09$, состояние объекта C_2



На шаге 3 решений 1 и 2 получены результаты с превышением затрат на получение исходных данных: предельно допустимая ошибка сходства менее ошибки распознавания.

На шаге 2 решений 1 и 2 получены результаты: предельно допустимая ошибка сходства $\{ 0.11, 0.13 \}$ превышает ошибку распознавания. Значение 0.11 соответствует максимальному использованию затрат на получение исходных данных. Поэтому выбираем результат шага 2 решения 1:

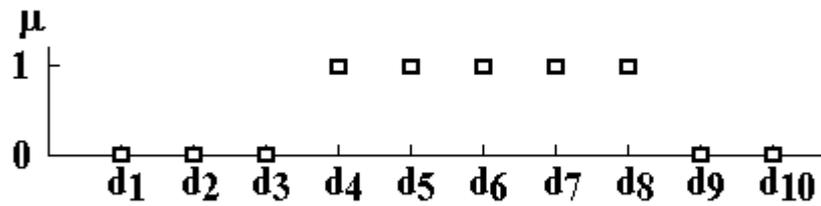
	База знаний			Объект
	C1	C2	C3	C2
d1	1	1	0	0
d2	1	1	0	0
d3	1	1	0	1
d4	0	1	0	1
d5	0	1	0	1
d6	0	0	1	0
d7	0	0	1	0
d8	0	0	1	0
d9	0	0	1	0
d10	0	0	1	0

Пример 5.

По базе знаний с заданной ошибкой **0.1** распознаем

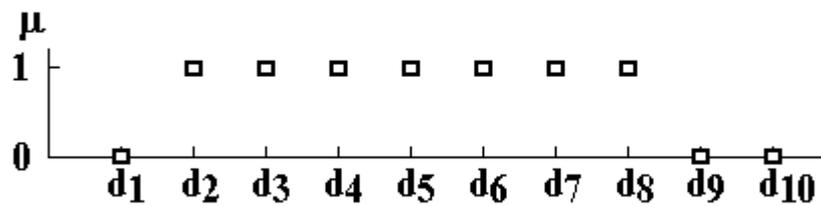
	C1	C2	C3	состояние объекта как C2.
d1	1	1	0	На наборе { 0, 1 } так определить значения функции принадлежности объекта, чтобы обеспечить максимальное использование затрат на получение исходных данных.
d2	1	1	0	
d3	1	1	0	
d4	1	1	0	
d5	1	1	0	
d6	1	1	0	
d7	0	1	0	
d8	0	1	0	
d9	0	0	1	
d10	0	0	1	

Шаг 3. $\Delta = 0.01$, состояние объекта C_2

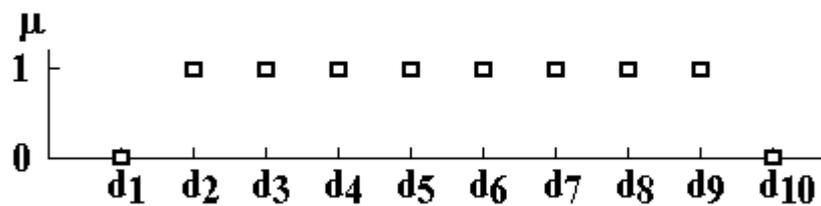


Решение 2.

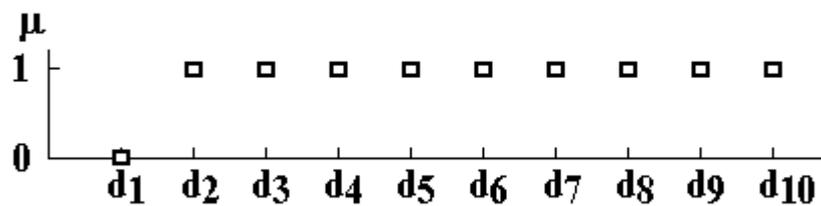
Шаг 1. $\Delta = 0.22$, состояние объекта C_2



Шаг 2. $\Delta = 0.12$, состояние объекта C_2

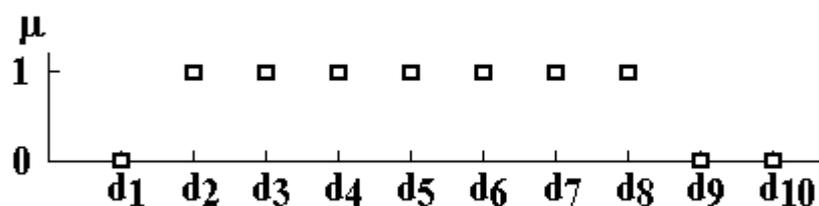


Шаг 3. $\Delta = 0.21$, состояние объекта C_3

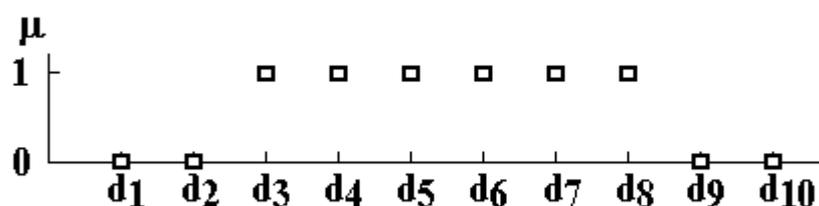


Решение 3.

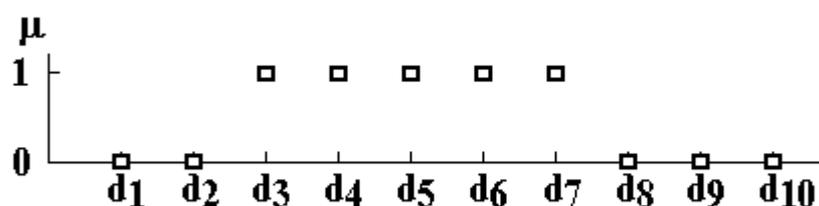
Шаг 1. $\Delta = 0.22$, состояние объекта C_2



Шаг 2. $\Delta = 0.14$, состояние объекта C_2



Шаг 3. $\Delta = 0.11$, состояние объекта C_1



На шаге 3 решения 1 получен результат: предельно допустимая ошибка сходства менее ошибки распознавания.

На шаге 3 решений 2 и 3 получены результаты: состояние объекта $\{ C_3, C_1 \}$ не соответствует условию задачи.

На шаге 2 решений 1, 2 и 3 получены результаты: предельно допустимая ошибка сходства $\{ 0.14, 0.12, 0.14 \}$ превышает ошибку распознавания. Значение 0.12 соответствует максимальному использованию затрат на получение исходных данных. Поэтому выбираем результат шага 2 решения 2:

	База знаний			Объект
	C1	C2	C3	C2
d1	1	1	0	0
d2	1	1	0	1
d3	1	1	0	1
d4	1	1	0	1
d5	1	1	0	1
d6	1	1	0	1
d7	0	1	0	1
d8	0	1	0	1
d9	0	0	1	1
d10	0	0	1	0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сайте <http://cks.mpei.ru> доступна система сертификации знаний для самостоятельного выполнения следующих работ: «Прагматика сопоставления объектов», «Создание базы знаний и распознавание объектов», «Обучение и эксплуатация базы знаний управления», «Сертификация программных средств» и решения задачи «Распознавание объекта».

СОДЕРЖАНИЕ

Стр

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1. «Прагматика сопоставления объектов».	6
Лабораторная работа № 2. «Создание базы знаний и распознавание объектов».....	11
Лабораторная работа № 3. «Обучение и эксплуатация базы знаний управления».....	18
Лабораторная работа № 4. «Сертификация программных средств».	24
Решение задачи «Распознавание объекта».....	29
Заключение.....	45
Список литературы.....	47

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morris C. Signification and Significance. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1964.
2. Zadeh L. A. Fuzzy sets. – Inf. & Control., 1965, v. 8, p. 338–353.
3. Кантор Г. Труды по теории множеств. / Изд. подготовлено А. Н. Колмогоровым и др. Отв. ред. А. Н. Колмогоров, А. П. Юшкевич. – М.: Наука, 1985. – 430 с.
4. Zadeh L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. - IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, 1973, v. 2, p. 28–44.
5. Zadeh L. A. Calculus of fuzzy restrictions. In: Fuzzy Sets and their applications to cognitive and decision processes / Ed. by L. A. Zadeh et al. – New York: Academic Press, 1975, p. 1–41.
6. Goguen J. A. L – fuzzy sets. – J. Math. Ana. Appl., 1967, v. 18, p. 145–174.
7. Sugeno M. Fuzzy decision – making problems. – Trans. SICE, 1975, v. 11, No. 6, p. 85–92.
8. Dubois D., Prade H. Fuzzy sets and systems: Theory and applications. – New York: Academic Press, 1980. – 393 p.
9. Kandel A. On fuzzy statistics. – In: Advances in Fuzzy Sets theory and applications / Ed. M. M. Gupta, R. K. Ragade, R. R. Yager. – Amsterdam: North - Holland, 1979, p. 181–200.
10. Shafer G. A mathematical theory of evidence. – Princeton, N. J.: Princeton Univ. Press, 1976.
11. Yager R. R. On general class of fuzzy connectives. – Fuzzy Sets and Systems, 1980, v. 4, p. 235–243.
12. Zimmermann H. Description and optimization of fuzzy systems. – Int. J. General Systems, 1976, v. 2, p. 209–215.
13. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. / Под ред. А. И. Горлина. – М.: Радио и связь, 1990. – 538 с.

14. Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения: Пер. с англ. / Ред. Ю. М. Забродин. – М.: Прогресс, 1980. – 526 с.
15. Маслов С. Ю. Теория дедуктивных систем и ее применения. – М.: Радио и Связь, 1986. – 133 с.
16. Нечеткие технологии. Конспект лекций: учебное пособие / Н. Н. Фадеев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 40 с.

Учебное издание

ФАДЕЕВ Николай Николаевич

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Сборник лабораторных работ

Методическое пособие по дисциплине
«Интеллектуальные системы» предназначено
для студентов, обучающихся по направлению
«Информатика и вычислительная техника»

Редактор издательства Хрущева Н.А.

Темплан издания МЭИ 2013 (I), метод. Подписано в печать

Печать офсетная Формат 60 84/16 печ. л. 3,0

Тираж 300 Изд. № 14–038 Заказ

Оригинал–макет подготовлен в Издательстве МЭИ,

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13

Отпечатано в ПЦ МЭИ,

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14