

## Лабораторная работа № 1

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

### Семантика

➡ Выполним переход: физика → семантика и разделим параметры объекта и его значения следующим образом: наблюдения над объектом и состояния природы объекта.

➡ Наблюдения над объектом – совокупность параметров и их значений, полученных в результате { измерений, наблюдений, экспертиз }.

➡ Состояния природы объекта – совокупность таких параметров и их значений, по которым составлена некоторая суммарная ( интегральная ) характеристика объекта.

Составление суммарной ( интегральной ) характеристика объекта выполняется на основании предшествующих { измерений, наблюдений, экспертиз }.

Наблюдения над объектом и состояния природы объекта формируются обычно как результат длительных исследований и разработок { научных, технических, технологических, философских, исторических, религиозных }.

В отличие от подхода Cantor: множество есть совокупность однородных сущностей, Zadeh в пионерской работе Zadeh L. A. Fuzzy sets. – Inf. & Control., 1965, v. 8, p. 338–353., ввел парадигму принадлежности элемента множеству. Такое множество называется нечетким ( НМ ).

Пусть объект имеет параметр, определенный на некотором диапазоне и этот параметр измеряется по шкале интервалов, то есть диапазон разделен на  $n$  равных интервалов.

Тогда эти интервалы представляют собой разнородные сущности, так как физика объекта различна на различных интервалах и даже возможен разрыв производной ( фазовый переход ).

Поэтому интервалы образуют носитель нечеткого множества, причем каждому интервалу ставится в соответствие число – принадлежность данного интервала НМ.

Носитель: { интервал<sub>1</sub>, интервал<sub>2</sub>, интервал<sub>i</sub>, ..., интервал<sub>n</sub> },

Функция принадлежности: { число<sub>1</sub>, число<sub>2</sub>, число<sub>i</sub>, ..., число<sub>n</sub> }.

Параметр объекта представляет собой наблюдение, а состояния природы – отсутствие/наличие фазового перехода и/или градации другого параметра, зависящего от первого.

Рассмотрим простейший случай: объект с двумя наблюдениями и двумя состояниями природы, далее – состояниями.

Семантика объекта:

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

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  $HM_j$  при отсутствии значений функции принадлежности,  $j \in \{ 1, 2 \}$ ,  $i = 1 \div 2$ .

Семантика непустой базы знаний:

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

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

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

## Прагматика

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

$$NM_k = \{ (\{d_i, c_k\}, \mu_{ik} \text{ экс}) \}$$

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

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

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

где  $i, j = 1 \div 2$ .

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  $Bel$  и степень сходства  $L$ .

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

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

Для объекта мера доверия:

$$Bel_k = \frac{\mu_{1k} + \mu_{2k} - 2\mu_{1k}\mu_{2k}}{\mu_{1k} + \mu_{2k} - \mu_{1k}\mu_{2k}}$$

где  $k \in \{1, 2\}$ .

Для эталона с  $j$  – тым состоянием мера доверия:

$$Bel_j = \frac{\mu_{1j} + \mu_{2j} - 2\mu_{1j}\mu_{2j}}{\mu_{1j} + \mu_{2j} - \mu_{1j}\mu_{2j}}$$

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

Прагматика сопоставления объекта с двумя эталонами содержит следующие пункты:

1. По  $\mu_{ij}$  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  $\mu_{ik}$  и  $\mu_{ij}$  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  $i, j, k = 1 \div 2$ .

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

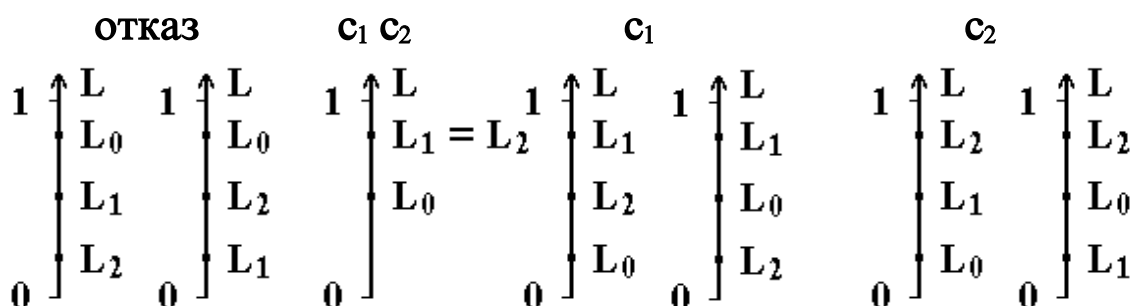
3. 1. Если  $L_1 < L_0$  и  $L_2 < L_0$  , то отказ

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

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

3. 4. Если  $L_2 > L_0$  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  $\mu_{11}$  и  $\mu_{1k}$  так, чтобы:

- при вариации  $\mu_{11}$  на  $[0, 1]$  результатами были четыре исхода по сходству  $\{ \text{отказ}, c_1, c_2, c_1, c_2 \}$  в произвольном порядке;
- при вариации  $\mu_{1k}$  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  $\mu_{11}$  и  $\mu_{1k}$ , подобранные в 1.1.

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

Расчет предельных переходов функции Bel от двух переменных  $\mu_{1j}$  и  $\mu_{2j}$  в общем случае, приводит к неопределенным результатам.

В данном случае, значения  $\mu_{1j}$  и  $\mu_{2j}$  получены в ходе  $\{ \text{измерений, наблюдений, экспертиз} \}$  с ограничением – тождественность функций распределения  $\mu_{1j}$  и  $\mu_{2j}$  на  $[0, 1]$ , что следует использовать при расчетах предельных переходов.

Выбор объекта или эталона – сдвиг курсора на любой его элемент  $\mu$  и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа. Далее линейкой скроллинга выбрать значение  $\mu$ .

2. Выполнить пункты верхнего меню «Возврат–В меню работы» для возврата в меню работы. Затем выполнить пункт верхнего меню «Сертификация знаний», после чего SKS 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 SKS 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.

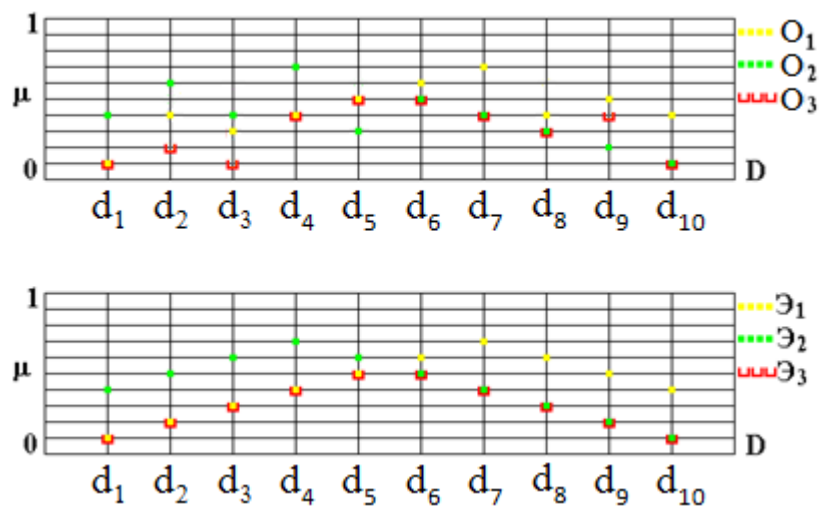
После получения заключения в правой нижней части экрана для каждого вопроса с ответом установлен флажок: зеленый/красный при совпадении/несовпадении ответа с эталоном ( правильным ответом ). Перебор вопросов с ответом – левая/правая клавиша мыши на кнопке «Ответ». Вывод эталона – левая клавиша мыши на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



Имеются данные, полученные с ошибкой – в верхней части рисунка – объекты  $\{ O_1, O_2, O_3 \}$ .

Требуется сгладить эти данные, как показано в нижней части рисунка – эталоны  $\{ \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3 \}$ .

После выбора пунктов верхнего меню: «Программа–Распознавание» отображаются следующие окна.

Работа № 2 Создание базы знаний и распознавание объе...

Возврат Выход

	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
d <sub>1</sub>	0.32	0.18	0.12
d <sub>2</sub>	0.13	0.57	0.42
d <sub>3</sub>	0.39	0.46	0.3
d <sub>4</sub>	0.18	0.7	0.47
d <sub>5</sub>	0.59	0.45	0.5
d <sub>6</sub>	0.33	0.57	0.5
d <sub>7</sub>	0.7	0.12	0.29
d <sub>8</sub>	0.48	0.39	0.39
d <sub>9</sub>	0.65	0.33	0.17
d <sub>10</sub>	0.22	0.03	0.41
Bel	0.76	0.77	0.79

c <sub>3</sub>
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
1

Степени сходства и порог L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>0</sub>.  
Функция доверия Bel<sub>0</sub>.  
Предельно допустимая ошибка сходства Δ.

L<sub>1,2,3</sub> 0.76 0.77 0.79  
L<sub>0</sub> 0.75  
Δ 0.02  
Bel<sub>0</sub> 0.76

1.0  
0.8  
0.6  
0.4  
0.2  
0.0

Объект=Эталон	Сохранить
d <sub>1</sub>	0.32 0.18 0.12
d <sub>2</sub>	0.13 0.57 0.42
d <sub>3</sub>	0.39 0.46 0.30
d <sub>4</sub>	0.18 0.70 0.47
d <sub>5</sub>	0.59 0.45 0.50
d <sub>6</sub>	0.33 0.57 0.50
d <sub>7</sub>	0.70 0.12 0.29
d <sub>8</sub>	0.48 0.39 0.39
d <sub>9</sub>	0.65 0.33 0.17
d <sub>10</sub>	0.22 0.03 0.41

Сохранить

В начале работы здесь расположены числа с ошибкой, в конце работы — эталоны базы знаний.

Окно объекта для распознания.

Окна управления. Под кнопкой отображаются исходные числа с ошибкой. При нажатии этой кнопки формируемая база знаний заменит в памяти исходные числа.

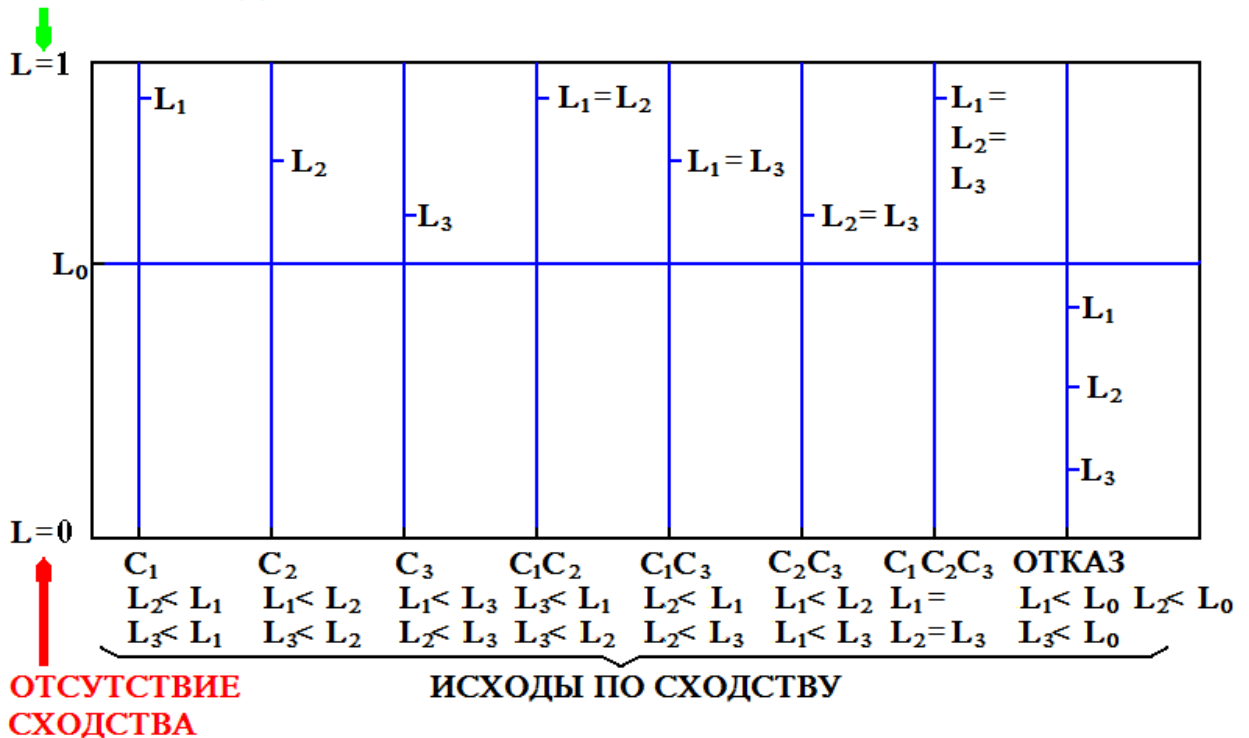
- В ходе выполнения работы необходимо произвести сглаживание функций  $\mu_{ij}(d_i)$ ,  $i = 1 \div 10$ ,  $j \in \{1, 2, 3\}$  при ограничениях:
1.  $Bel_0 \geq 0.73$ .
  2. Однозначное распознавание по полученной базе знаний:  
– объекты  $\{O_1, O_2, O_3\}$  с состоянием  $\{C_1, C_2, C_3\}$  соответственно; – эталоны  $\{Э_1, Э_2, Э_3\}$  с состоянием  $\{C_1, C_2, C_3\}$  соответственно;
  3. Сохранение расположения главных мод (глобальных МАХ):  
d<sub>7</sub> для Э<sub>1</sub>, d<sub>4</sub> для Э<sub>2</sub>, {d<sub>5</sub>, d<sub>6</sub>} для Э<sub>3</sub>.

При выполнении контролировать значения Bel<sub>0</sub> и соотношение параметров: L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> и L<sub>0</sub>.

Если использовать данные, полученные с ошибкой, то есть объекты  $\{O_1, O_2, O_3\}$  в качестве базы знаний, то можно получить следующие исходы по сходству:



## ПОЛНОЕ СХОДСТВО



где  $L_0$  – порог степени сходства,  $L_1$  – степень сходства объекта с эталоном  $C_1$ ,  $L_2$  – степень сходства объекта с эталоном  $C_2$ ,  $L_3$  – степень сходства объекта с эталоном  $C_3$ .

Поэтому необходимо из набора  $\{O_1, O_2, O_3\}$  выбрать очередной объект, нажать кнопку «Объект=Эталон» и выполнить сглаживание функций  $\mu_{ij}(d_i)$ ,  $i = 1 \div 10, j \in \{1, 2, 3\}$  при вышеуказанных ограничениях. Перебор наблюдений  $d_i$ ,  $i = 1 \div 10$  – сдвиг курсора на любой элемент  $\mu_{ij}$  и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа.

После сглаживания всех функций  $\mu_{ij}(d_i)$ ,  $i = 1 \div 10, j \in \{1, 2, 3\}$  выполняем проверку эталонов сформированной базы знаний: каждый эталон поместить в окно «Объект для распознавания» нажатием кнопки «Объект=Эталон» и убедиться в соблюдении ограничений:

- $Bel_0 \geq 0.73$ ;
- однозначное распознавание эталонов по базе знаний: эталоны  $\{Э_1, Э_2, Э_3\}$  имеют состояния  $\{C_1, C_2, C_3\}$  соответственно.

Потом проверяем однозначность распознавания объектов, отображаемых под кнопкой «Сохранить». С этой целью линейкой скроллинга перенести значения  $\mu_{ij}$  в окно «Объект для распознавания». Перебор наблюдений  $d_i$ ,  $i = 1 \div 10$  – сдвиг

курсор на любой элемент  $\mu_{ik}$  и нажатие левой клавиши мыши с результатом – красный цвет числа.

При этом необходимо убедиться в соблюдении ограничений:

–  $Bel_0 \geq 0.73$ ;

– однозначное распознавание объектов по базе знаний:

объекты  $\{ O_1, O_2, O_3 \}$  имеют состояния  $\{ C_1, C_2, C_3 \}$

соответственно.

В ходе сглаживания необходимо помнить о сохранение расположения главных мод ( глобальных MAX ):  $d_7$  для  $\mathcal{E}_1$ ,  $d_4$  для  $\mathcal{E}_2$ ,  $\{ d_5, d_6 \}$  для  $\mathcal{E}_3$ .

Если требования к  $Bel_0$  и/или однозначному распознаванию всех объектов и эталонов не соблюдены, повторяем процедуру сглаживания до соблюдения этих требований.

Перед выполнением работы рекомендуется сделать копию файла из адреса CKSIS\IS2\kb2.txt. В файле находятся данные, полученные с ошибкой; при нажатие кнопки «Сохранить» эти данные замещаются эталонами базы знаний.

В случае процедурных ошибок, либо преждевременного нажатия кнопки «Сохранить», можно восстановить файл kb2.txt либо из копии, либо следующим образом.

1. Из адреса <http://cks.mpei.ru> архив Win 7 32 bit.rar

разархивировать в папку с новым именем, например, Win 7 32 bit.Эталон.

2. Из адреса <http://cks.mpei.ru> по процедуре в разделе «Виртуальная машина», «Инструкция», пункт 5, присоединить два виртуальных диска: из адреса Win 7 32 bit.Эталон\Win 7 32 bit\Win 7 32 bit.vhd; из адреса, где расположена виртуальная машина с поврежденным файлом kb2.txt.

3. Из виртуального диска с эталона копировать файл kb2.txt на виртуальный диск в папку вместо поврежденного файла kb2.txt.

4. Из адреса <http://cks.mpei.ru> по процедуре в разделе «Виртуальная машина», «Инструкция», пункт 5, отсоединить виртуальные диски.