

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

Лабораторный практикум  
по дисциплине

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Для студентов специальности

1-40 03 01 Искусственный интеллект

Минск 2014

## Лабораторная работа №1

**Тема:** Использование числовых атрибутов и арифметических правил в системе ЭКО. Символьные атрибуты. Простые и сложные вопросы в системе ЭКО. Формирование сообщений на основе лингвистических знаний.

### Задание с методическими указаниями по их выполнению:

В рамках работы необходимо создать простейшую модель, содержащую единственный числовой атрибут (возраст сотрудника) и позволяющую находить значение этого атрибута с помощью вопроса к пользователю и выводить на экран в качестве решения задачи. Разработать и исследовать модель, демонстрирующую возможности использования вычислительных функций в системе ЭКО (модель, решающую задачи о треугольниках). Расширить модель, полученную в ходе выполнения первого задания, путем введения информации о «поле» (мужской, женский), «комплексии» (полный, нормальный, худой) и «здоровье» (хорошее). Ввести в модель разные типы вопросов для определения значений соответствующих атрибутов. Ввести развернутые имена атрибутов и значений символьных атрибутов, шаблоны утверждений, тексты вопросов. Описать в сценарии способ выдачи информации о результатах решения задачи.

### Рекомендации к выполнению:

Для того, чтобы создать новую модель в ЭКО, необходимо подвести курсор к последней строке списка моделей (при помощи клавиш «стрелка вверх» и «стрелка вниз»), содержащей текст «.», и нажать на клавишу «+» на цифровой клавиатуре. Затем следует ввести имя новой модели и нажать клавишу «Enter». Имя модели не должно содержать более восьми символов.

При задании числового атрибута необходимо указать его имя и область определения (в виде числового диапазона). Например, нам необходимо определить атрибут «возраст\_сотрудника». Это можно сделать следующим образом:

1. войти в окно «Числовые атрибуты»;
2. опустить курсор в самую нижнюю позицию, нажать «+», набрать имя атрибута: «возраст\_сотрудника» и нажать «Enter» (имя атрибута не должно содержать пробелы или быть длиннее 20 символов);
3. по клавише F2 войти в окно «Значения числового атрибута», задать граничные значения от = 18.0. до = 60.0 либо забить пробелами, если значение этого атрибута по умолчанию не выводимо;
4. несколько раз нажав клавишу «Esc», выйти из всех окон на уровень меню «Редактирование» (и впредь осуществлять выход из окон подобным образом).

Значения атрибутов определяются в ходе консультации с помощью правил вывода. Вопросы к пользователю, которые ЭС должна задавать во время консультации, описываются с помощью правил типа «**простой вопрос**». Такое правило в качестве действия имеет вопрос, в ответ на который пользователь

вводит требуемое число. Чтобы определить в модели такое правило, нужно проделать следующее:

1. войти в окно «Числовые атрибуты»;
2. установить курсор на атрибут «возраст\_сотрудника», который является целью создаваемого далее правила, и, нажав «Enter», войти в окно «Правила»;
3. опустить курсор в самую нижнюю позицию, нажать «+», набрать имя правила: «П\_возраст» и нажать «Enter» (причем первая буква имени правила должна быть «Q» или «П», что указывает на тип правила «простой вопрос», а длина имен быть не более 13 символов);
4. повторно нажав «Enter», попасть в окно действия правила «ГО» и ввести в окно вопрос, который явится действием: «Каков возраст сотрудника?»

### **ПРИМЕЧАНИЯ:**

Если нужно указать условие выполнения этого правила, то по клавише F3 следует перейти в окно «ЕСЛИ» и ввести условия в синтаксисе языка приобретения знаний; по умолчанию правило сработает безусловно.

Имя правила должно начинаться на букву и следующего ряда:

- «N» или «P» для арифметических правил,
- «L» или «Л» – логических,
- «B» или «Б» – байесовских,
- «Q» или «П» – правил типа «простой вопрос».
- «A» или «А» – альтернативных,
- «O» или «Д» – дистрибутивных.

Помимо описаний атрибутов и правил вывода модель включает **сценарий** – управляющий компонент модели, задающий порядок проведения консультации. Сценарий представляет собой последовательность предложений, пронумерованных начиная с единицы (обязательно первый символ в названии предложения сценария должен начинаться с цифры). Для того чтобы изменить порядок предложений в сценарии используется нажатие комбинации клавиш «Ctrl+Стрелка вверх» и «Ctrl+Стрелка вниз» соответственно.

### **Упражнение 1.**

Необходимо создать **две** модели. Первая модель должна осуществлять определение возраста сотрудника. Вторая модель должна определять площадь треугольника по введенным данным.

Для реализации **первой модели** создаём новую модель в БЗ ЭКО. Добавляем в созданную модель числовой атрибут «возраст\_сотрудника» (пример создания данного атрибута см. выше). Для того чтобы осуществить выдачу сообщения о результате работы модели необходимо создать предложения в сценарии. Сценарий в этом случае будет состоять из одного предложения, и последовательность его создания будет следующей:

1. войти в окно «Сценарий»;
2. нажать «+», ввести номер предложения сценария «1» и нажать «Enter»;

3. повторно нажать «Enter» и войти в окно действия сценария «ТО»;
4. ввести строку действия: РЕЗУЛЬТАТ 0, возраст\_сотрудника

**Вторая модель** предназначена для вычисления площади треугольника по его стороне и прилежащим к ней углам. Рассмотрите несколько частных случаев:

P1 если  $A = 45$  град. и  $B = 45$  град., то  $S = a*a / 4$

P2 если  $A = 90$  град. и  $B = 45$  град., то  $S = a*a / 2$

P3 если  $A = 90$  град. и  $B = 60$  град., то  $S = (a*a*sq(3)) / 2$

P4 если  $A = 90$  град. и  $B = 30$  град., то  $S = a*a / (2*sq(3))$

Постройте модель таким образом, чтобы система в начале консультации задавала вопрос о длине стороны и прилежащих углах, а затем сообщала о полученной площади треугольника.

Приведем пример вычисления атрибута «площадь», который может быть вычислен одним из нескольких правил. Если в ходе консультации пользователь укажет значение угла A, равное 90 град, и значение угла B, равное 45 град, то будет применено правило P2.

Арифметическое правило P2 к числовому атрибуту «площадь» может иметь следующий вид:

имя правила	P2
условие	(УГОЛ_A = 90 ) && (угол_B = 45 )
действие	(сторона * сторона)/2

## Упражнение 2.

Расширьте первую модель из «Упражнения 1», символьными атрибутами «пол» (мужской, женский), «комплексия» (аскетическая, атлетическая, полная), «здоровье» (хорошее).

Рассмотрим пример создания символьного атрибута «пол»:

имя символьного атрибута	пол
значение атрибута	мужской
имя утверждения	мужчина
значение по умолчанию	0
другое значение атрибута	женский
имя утверждения	женщина
значение по умолчанию	0

Введите в модель правила – вопросы:

- к атрибуту «пол» – альтернативный;
- к атрибуту «комплексия» – дистрибутивный;
- к атрибуту «здоровье» – простой.

Например, к атрибуту «пол» задайте правило типа «альтернативный вопрос» с именем «A\_каков\_пол». Действия к правилу можно не задавать – система задаст вопрос сама. Обратите внимание что, правило со сложным вопросом в качестве цели имеет не значение символьного атрибута, а сам атрибут («пол»).

Расширьте сценарий так, чтобы вычислялись все введенные атрибуты. Создайте соответствующую модель ЭС.

Введите в модель развернутые имена к значениям и атрибутам и комментарии к правилам. Для ввода развернутого имени к атрибуту или к его значению достаточно по клавише «Tab» перейти из соответствующих окон в окно комментария, ввести в окно текст и по той же клавише «Tab» перейти обратно. Разумеется, так же вводятся и комментарии к правилам.

### Упражнение 3.

Создайте шаблоны утверждения ко всем символьным атрибутам. Сделать это можно следующим образом:

имя символьного атрибута	комплексия
развернутое имя («Tab»)	телосложение сотрудника
шаблон атрибута (F2)	сотрудник имеет ^v
значение	полный
развернутое имя значения	лишний вес
другое значение	худой
развернутое имя значения	аскетическое телосложение

Замените в сценарии модели действие РЕЗУЛЬТАТ на ЦЕЛЬ, причем в действии ЦЕЛЬ не нужно задавать числовой параметр, как в действии РЕЗУЛЬТАТ. Проверьте модель и посмотрите, как изменится консультация.

Дополните сценарий предложениями с действием СООБЩЕНИЕ, не имеющим условия, так чтобы выдавалась вся полученная информация. Например, одно из предложений сценария может выглядеть так:

номер предложения сценария	2
действие	СООБЩЕНИЕ [комплексия.нормальный], [комплексия.полный], [комплексия.худой]
текст сообщения	Комплексия сотрудника оценена как нормальная – с определенностью ^^, как упитанная – с определенностью ^^, как аскетическая – с определенностью ^^

Проверьте модель, проведите консультацию. Вводя условия в сценарий и увеличив количество предложений сценария, добейтесь, чтобы информация, имеющая отрицательные коэффициенты определенности, не сообщалась пользователю, а некоторая информация при выдаче шкалировалась. Напомним, что условие выполнения действия сценария записывается, как и для правил к атрибутам, в окне «ЕСЛИ», в которое переход из окна сценария «ТО» и обратно осуществляется при нажатии клавиши F3. Например:

номер предложения сценария	3
действие	СООБЩЕНИЕ
условие	[пол.мужской]
текст сообщения	речь идет о сотруднике мужского пола

номер предложения сценария	4
действие	СООБЩЕНИЕ
условие	[пол.женский]
текст сообщения	речь идет о сотруднице

номер предложения сценария	5
действие	СООБЩЕНИЕ
условие	(возраст > 35) &(возраст < 55)
текст сообщения	Сотрудник среднего возраста

Проверьте и сохраните модель. Обратите внимание на ее работу при различных ответах на задаваемые вопросы. Удалите из модели предложение с действием ЦЕЛЬ, откомпилируйте и посмотрите, как изменится ход консультации. Дайте объяснения работе ЭС.

## Лабораторная работа №2

**Тема:** Знакомство с задачами классификации и планирования. Принципы составления эмпирических формул и байесовские правила в среде ЭКО.

### Задание с методическими указаниями по их выполнению:

Задание выполняется на базе предыдущей выполненной работы. В рамках задания необходимо освоить использование логических и арифметических правил для классификации состояний проблемной области. Научиться использовать арифметические правила для эмпирического нахождения коэффициентов определенности (задания функций распределения) и сокращения количества задаваемых вопросов. Приобрести опыт использования байесовских правил при решении задач классификации. Освоить методы решения задач по планированию действий с помощью системы ЭКО.

### Упражнение 1.

В модели, построенной при работе над предыдущим заданием, расширить описание атрибута «здоровье» значениями «удовлетворительное» и «плохое». Ввести ко всем утверждениям всех атрибутов имена для их использования в правилах.

Оставить в сценарии единственное предложение с действием РЕЗУЛЬТАТ и параметрами: «0, здоровье». Проверить модель и посмотреть ее функционирование.

Удалить из модели **правило – вопрос** с целью «здоровье.хорошее». Добавить «имя утверждения» ко всем значениям символьного атрибута «здоровье» в сокращённом виде: зх (здоровье хорошее), зп (здоровье плохое), зу (здоровье удовлетворительное). Ввести логические правила к целям зх, зп, зу, например:

правило к утверждению	зп
имя правила	Л_зп1
Условие	пм & (возраст < 33) & кп
комментарий	Если мужчина моложе 33 лет и имеет полное телосложение, то здоровье плохое
правило к утверждению	зп
имя правила	Л_зп2
Условие	пм & (возраст > 60) & (кп : кх)
Действие	0.4
комментарий	Если мужчина старше 60 лет и полон или худ, то есть небольшая вероятность, что здоровье плохое
правило к утверждению	зх
имя правила	Л_зх1
условие	кн
комментарий	Если комплекция нормальная, то здоровье

## ПРИМЕЧАНИЕ:

зп – здоровье плохое

пм – пол мужской

кп – комплекция полная

кх – комплекция аскетическая (худой)

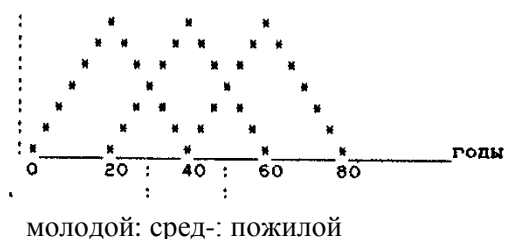
зх – здоровье хорошее

кн – комплекция атлетическая (нормальная)

Составьте и проверьте модель. Проанализируйте её функционирование при различных ответах на вопросы. Модифицируйте правила, добейтесь «разумного» функционирования модели.

## Упражнение 2.

Удалите правила, вычисляющие значения атрибута «возр\_катег» (возрастная категория). Будем считать, что характеристики «молодой возраст», «средний возраст» и «пожилой возраст» определяются, как показано на рисунке ниже:



В этом случае функция распределения коэффициента определенности имеет вид:

для молодого возраста:  $\left(1 - \text{abs}\left(\frac{x-20}{20}\right)\right) \cdot 100$

для среднего возраста:  $\left(1 - \text{abs}\left(\frac{x-40}{20}\right)\right) \cdot 100$

для пожилого возраста:  $\left(1 - \text{abs}\left(\frac{x-60}{20}\right)\right) \cdot 100$

где  $x$  - возраст.

Для введения указанной функции распределения в модель требуется поместить в нее три арифметических правила, одно из которых имеет следующий вид:

правило к утверждению:	вкм
имя правила:	P_вкм
условие:	пм & (возраст < 20)
действие:	$\left(1 - \text{abs}\left(\frac{\text{возраст} - 20}{20}\right)\right) \cdot 100$
комментарий:	Правило вычисляет коэффициент



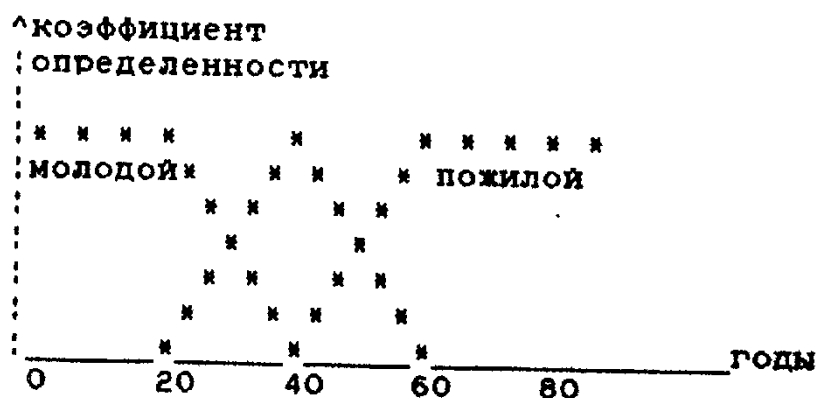
	определенности того, что возрастная категория сотрудника «молодой».
--	---

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

**вкм** – возрастная категория: молодой.

Введите требуемые правила и исследуйте построенную модель.

Отметим, что более логичной была бы функция, график которой показан на рисунке:



**Упражнение 3.**

Для того чтобы привести способ вычисления возрастной категории к указанному виду следует перед (!) введенными ранее правилами (перемещение имен правил в их окне выполняется при помощи клавиш F5 – вверх и F6 – вниз) ввести следующие два арифметических правила:

правило к утверждению	вкм
имя правила	P_вкм
условие	возраст < 20
действие	100
правило к утверждению	вкп
имя правила	P_вкп
условие	возраст > 60
действие	100
комментарий	Правило вычисляет коэффициент определенности того, что возрастная категория сотрудника – пожилой.

Введите правила и исследуйте поведение полученной модели.

**Упражнение 4.**

По аналогии с предыдущим упражнением при помощи индекса массы тела (индекс Кетле) определите комплекцию (аскетическую, атлетическую и полную).

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Индекс Кетле – отношения массы тела, выраженной в килограммах к квадрату роста в метрах. ВМІ (индекс массы тела или индекс Кетле) рассчитывается по формуле:

$$BMI = \frac{m}{h^2},$$

где m - масса тела человека (в килограммах), h - рост человека (в метрах).

Выделяют следующие значения ВМІ:

меньше 15 - острый дефицит веса;

от 15 до 20 - дефицит веса;

от 20 до 25 - нормальный вес;

от 25 до 30 - избыточный вес;

свыше 30 - ожирение.

### Упражнение 5.

Удалите из модели все **правила**, вычисляющие атрибут «здоровье». Введите к каждому утверждению атрибута «здоровье» байесовское правило, например:

правило к утверждению	зп
имя правила	Б_зп
действие	кп, 2.5, -1.5 кх, 0.5, 0 кн, -3.5, 1.5 вкм, -1, 0.5 вкп, -0.5, 0 вкс, -0.25, 0

### ПРИМЕЧАНИЕ:

Действие байесовского правила задается в виде таблицы с тремя столбцами. В первом столбце перечисляются утверждения-факторы, коэффициенты определенности которых влияют на коэффициенты определенности целевого утверждения. Во втором столбце указываются подтверждающие, а в третьем - опровергающие веса факторов. Подтверждающий вес утверждения-фактора должен быть равен такому коэффициенту определенности, который, по мнению эксперта, следует приписать целевому утверждению в случае истинности утверждения-фактора. Опровергающий вес равен коэффициенту, приписываемому целевому утверждению экспертом в случае ложности утверждения-фактора.

При работе с байесовскими правилами коэффициент определенности D(H) высказывания H связывается с вероятностью того, что это высказывание истинно в рассматриваемой ситуации в проблемной области, следующим образом:

$$D(H) = 10 P(H) - 5,$$

где  $D(H)$  - коэффициент определенности  $H$ ;  $P(H)$  - вероятность истинности  $H$ .

Откомпилируйте модель и исследуйте ее функционирование. Введите ко всем утверждениям атрибутов «здоровье», «комплексия» и «возр\_катег» априорные определенности (по умолчанию), откомпилируйте полученную модель и проанализируйте, как изменились вырабатываемые системой решения.

### Упражнение 6.

Необходимо разработать задачу по выбору вида отдыха и планированию действий по подготовке к отъезду. В ходе выполнения работы необходимо изменить сценарий модели и расширить ее содержание в соответствии с указанной выше задачей.

Приведем фрагменты возможного изменения модели:

символьный атрибут:	вид_отдыха
значение:	санаторий
значение:	турпоход
значение:	дача
значение:	экскурсия

символьный атрибут:	пожелания
значение:	с_друзьями
значение:	в_одионочестве

символьный атрибут:	план
значение:	основной
значение:	запасной

предложение сценария:	9
условие:	[вид_отдыха.санаторий]
действие:	СООБЩЕНИЕ
текст сообщения:	Вам рекомендуется отдых в санатории.

### ПРИМЕЧАНИЕ:

Предложения сценария 10, 11, 12 аналогичны предложению 9, но применяются для других видов отдыха.

правило к атрибуту:	пожелания
имя правила:	A1
действие:	Вы хотите отдохнуть:

правило к утверждению:	[вид_отдыха.санаторий]
имя правила:	P1

действие:	зп
комментарий:	Рекомендуется санаторий с коэффициентом определённости того, что здоровье – плохое.

правило к утверждению:	[вид_отдыха.турпоход]
имя правила:	P2
условие:	[вид_отдыха.санаторий]
действие:	вкм>вкп

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Если возможность попасть в санаторий отвергнута, рекомендуется турпоход - в том случае, когда коэффициент определённости того, что возрастная категория сотрудника относится к молодой больше, чем - к пожилой.

правило к утверждению:	[вид_отдыха.турпоход]
имя правила:	NP2A
действие:	-100
комментарий:	В остальных случаях в турпоход нельзя.

правило к утверждению:	[вид_отдыха.дача]
имя правила:	P3
условие:	(“[вид_отдыха.санаторий]”) (“[вид_отдыха.турпоход]”)
действие:	(вкп вп)&[пожелания.в_одиночестве]
комментарий:	В остальных случаях в турпоход нельзя.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

P3A аналогично правилу P2A.

правило к утверждению:	[вид_отдыха.экскурсия]
имя правила:	L4
условие:	(“[вид_отдыха.санаторий]”) & (“[вид_отдыха.дача]”) & (“ [вид_отдыха.турпоход]”)

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

P4A аналогично правилу P3A.

правило к утверждению:	[план.основной]
имя правила:	П_1

условие:	[вид отдыха.санаторий]
действие:	Можите ли Вы достать путёвку на предприятия?

### **ПРИМЕЧАНИЕ:**

По аналогии введите различные вопросы для других видов отдыха.

Выберите те виды отдыха, которые наиболее подходят сотруднику. Санаторий рекомендуется при плохом здоровье. Турпоход молодым людям, а экскурсия или дача - во всех остальных случаях (при этом учитывается, хочет ли сотрудник отдыхать с друзьями или он предпочитает провести отдых в одиночестве). Отдых дома на данном этапе не рекомендуется.

Затем постройте план действий по подготовке к отпуску. Если план не удастся реализовать, рекомендуйте провести отпуск дома.

## **Лабораторная работа №3.**

**Тема:** Самостоятельное создание демонстрационного прототипа ЭС на заданную тему.

Работа выполняется самостоятельно с использованием опыта, полученного при выполнении предыдущих лабораторных работ.

### **Упражнение 1.**

В среде ЭКО, последовательно выполняя этапы концептуализации, формализации, выполнения и тестирования, создайте демонстрационный прототип ЭС. Работа выполняется самостоятельно с использованием опыта, полученного при выполнении предыдущих индивидуальных работ.

### **Упражнение 2.**

В рамках задания необходимо освоить технологию разработки ЭС с помощью системы Clips. Разработать прототип ЭС в среде Clips, используя выбранную проблемную область в предыдущем упражнении.

## **Лабораторная работа №4**

**Тема:** Применение полученных навыков для создания экспертных систем.

Создать прототип интеллектуальной системы проблемной области, выбранной в лабораторной работе №3 с помощью технологии OSTIS.