

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебекина Татьяна Флекаировна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

федерального университета

высшего образования

Дата подписания: 21.05.2025 11:46:46

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМАХ**

Направление подготовки

**09.04.02**

**Информационные системы и  
технологии**

**«Технологии работы с данными и  
знаниями, анализ информации»**

Направленность (профиль)

Пятигорск, 2025

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины .....	3
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
3. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Исследование алгоритма замены переменных в литералах с целью их эквивалентных преобразований. Унификация .....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. исследование алгоритма обработки знаний методом "от фактов к цели". Прямая дедукция .....	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Исследование алгоритма обработки знаний методом "от цели к фактам ". Обратная дедукция.....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. исследование алгоритма обработки знаний на основе нечетких множеств. Нечеткие множества.....	12
4.Критерии оценивания компетенций.....	19
5.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций .....	19
6 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	20

## **1. Цель и задачи освоения дисциплины**

Цель данной дисциплины – дать систематический обзор современных моделей представления знаний, изучить и освоить принципы построения экспертных систем, рассмотреть перспективные направления развития систем искусственного интеллекта и принятия решений.

### **1.1. Цели освоения дисциплины.**

В результате изучения данной дисциплины студент должен знать:

- модели представления знаний;
- принципы построения экспертных систем;
- современные системы искусственного интеллекта и принятия решений;

и уметь:

- разрабатывать программные реализации экспертных систем на ЭВМ;
- применять различные модели представления знаний при реализации экспертных систем на ЭВМ.

### **1.2. Задачи изложения и изучения дисциплины.**

При изучении данной дисциплины в процессе чтения лекций преподаватель излагает студентам существующие модели представления знаний, принципы построения экспертных систем и перспективные направления развития систем искусственного интеллекта и принятия решений. В процессе самостоятельной работы студент на основе конспектов лекций, и рекомендованной литературы производит усвоение знаний. Контроль знаний осуществляется преподавателем по результатам контрольных работ. На основе полученных знаний и методических указаний по выполнению лабораторных работ студентом под руководством преподавателя проводится выполнение лабораторных работ.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Наименование компетенций

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 способен осуществлять управление, развитием баз данных, включая развертывание, сопровождение, оптимизацию функционирования баз данных, являющихся частью различных информационных систем	<b>ИД-1 ПК-1</b> Осуществляет управление, развитием баз данных. <b>ИД-2 ПК-1</b> Обеспечивает развертывание, сопровождение и оптимизацию баз данных <b>ИД-3 ПК-1</b> Осуществляет документальное сопровождение управления базами данных	Обеспечивает управление, развитием баз данных, включая развертывание, сопровождение, оптимизацию функционирования баз данных
ПК-2 способен создания технической документации информационно-методического и маркетингового назначения в сфере информационных технологий и систем	<b>ИД-1 ПК-2</b> Создает техническую документации информационно-методического назначения в сфере информационных технологий и систем <b>ИД-2 ПК-2</b> Применяет техническую документацию для создания информационных технологий и систем	Создает техническую документацию для эксплуатации информационных технологий и систем.

	<b>ИД-3 ПК-2</b> Использует техническую документацию для решения маркетинговых задач в сфере информационных технологий и систем;	
ПК-4 способен выполнять разработку систем управления базами данных, операционных систем, организацию разработки системного программного обеспечения, интеграция разработанного системного программного обеспечения	<b>ИД-1 ПК-4</b> Выполняет разработку систем управления базами данных. <b>ИД-2 ПК-4</b> Проводить непосредственное руководство процессами разработки программного обеспечения; <b>ИД-3 ПК-4</b> Проводить организацию разработки системного программного обеспечения, интеграцию разработанного системного программного обеспечения.	Разрабатывает систем управления базами данных, операционных систем, организацию разработки системного программного обеспечения

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Исследование алгоритма замены переменных в литералах с целью их эквивалентных преобразований. Унификация

**Цель** работы: изучение и исследование алгоритма замены переменных в литералах с целью их эквивалентных преобразований.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

**Информационные системы** (ИС) входят в число важнейших компонентов науки и производства. Они широко используются для обучения и решения конкретных задач в различных областях человеческой деятельности: в автоматизированных системах управления (АСУ) и научных исследований (АСНИ), системах автоматизации проектирования (САПР), информационно-поисковых системах (ИПС), системах управления базами данных (СУБД), экспертных системах (ЭС), системах поддержки принятия решения (СППР) и т.д.

ИС, помимо прочего, характеризуются тем, что с их помощью можно накапливать **знания** и опыт людей, совершающих работу и возможностями самих ИС.

**Знание** – это информация о свойствах и законах предметной области. Знания могут быть **исходными и выводимыми, конкретными и обобщенными**. Конкретные знания обычно именуют **данными**, а обобщенные – просто **знаниями**.

**Данные** – это исходная частная информация об окружающем мире. ИС оперируют формализованными данными, которые позволяют автоматизировать сбор и хранение конкретной информации об объектах. Формализованные данные можно обработать по определенной программе. В результате обработки данных получают новые знания.

Знания могут быть **декларативными и процедурными**. Декларативные знания представляют собой утверждения, не содержащие процедур. Декларативные знания определяют пространство статического состояния объекта. Процедурные знания – это программы обработки данных (фактов) с целью получения новой информации.

Основными проблемами, с которыми сталкиваются разработчики ИС, являются методы и формы представления знаний, минимизирующие затраты ресурсов ИС и способствующие высокой эффективности общения с ними. В первую очередь, это касается **моделей представления** знаний.

Одной из моделей знаний, используемых в информационных системах, является формально-логическая модель.

В основе формально-логической модели лежит понятие **формальной теории Т**:

$$T = \langle B, F, A, R \rangle,$$

где  $B$  – счетное множество базовых символов (алфавит) теории  $T$ ;

$F$  – подмножество выражений теории  $T$ , называемых **формулами** теории;

$A$  – выделенное множество формул, называемых **аксиомами** теории  $T$ ;

$R$  – конечное множество **отношений**  $\{r_1, \dots, r_n\}$  между формулами, называемыми **правилами вывода**.

Чтобы придать формуле содержание, ее интерпретируют как утверждение, распространяющееся на некоторую область  $D$  (область интерпретации).

Наиболее распространенной формальной системой является исчисление **предикатов первого порядка**. Основной задачей при получении новых знаний в рамках исчисления предикатов является выяснение истинности или ложности заданной формулы на области  $D$ .

Формула называется **теоремой**, если существует доказательство, в котором она является последней.

**Предикатом** или логической функцией называется функция от любого количества ( $N$ ) аргументов, принимающая значения 1 (истина) и 0 (ложь) ( $N$ -местный предикат).

**Алфавит** языка предикатов первого порядка:

- разделители: запятая – “,”, открывающая скобка – “(”, закрывающая скобка – “)”;
- константы – строчные буквы – “a”, ...;
- переменные – прописные (заглавные) буквы – “A”, ...;
- предикаты – заглавные буквы;
- функции (не предикаты) – строчные буквы – “f”, ...;
- логические операции:
  - 1)  $\neg$  – отрицание,
  - 2)  $\wedge$  – конъюнкция,
  - 3)  $\vee$  – дизъюнкция,
  - 4)  $\rightarrow$  – импликация (если...то...),
  - 5)  $\leftrightarrow$  – эквивалентность (...тогда и только тогда, когда...),
  - 6)  $\exists$  – квантор существования (существует...),
  - 7)  $\forall$  – квантор общности (для любого...).

Выражение “первого порядка” связано с формулами, в которых запрещается квантифицировать символы предикатов и функций.

**Формулой** алгебры логики (пропозициональной формой) называют всякое высказывание, составленное из некоторых исходных высказываний посредством логических операций.

**Терм** – выражение, включающее константы, переменные и  $N$ -местные функции от термов.

**Атом** – элементарная функция – это выражение, включающее константы, переменные, функции и предикаты.

Атом или его отрицание называется **литералом**.

**Правильная формула** ( $\Pi\Phi$ ) – это атом,  $\neg H$ ,  $G \vee H$ ,  $G \wedge H$ ,  $(\exists X)G$ ,  $(\forall X)H$ , где  $G$ ,  $H$  –  $\Pi\Phi$ ;  $X$  – переменная;  $(\exists X)G$  означает: существует  $X$ , для которого справедливо  $G$ ;  $(\forall X)H$  означает: для любого  $X$  справедливо  $H$ .

**Правило вывода** – процедура, которая из одной или нескольких  $\Pi\Phi$  производит другие

ПФ.

Исходные ПФ в теории Т называются **аксиомами**.

Достоинствами формально-логической модели представления знаний являются единственность теоретического обоснования и возможность реализации системы формально точных определений и выводов.

Недостатком формально-логической модели являются жесткие ограничения, свойственные всем формальным моделям.

Относительно простые элементы сложного предикатного выражения связываются между собой логическими операциями. Это позволяет преобразовывать предикатные выражения с получением новых знаний. Так, например, принцип резолюций позволяет из двух предикатных предложений получить третье, что соответствует процедуре логического вывода новых предложений из множества исходных.

Пусть имеются два конкретных предложения:

$$P_1 \vee P_2 \vee \dots \vee P_n \text{ и } \neg P_1 \vee Q_2 \vee Q_3 \vee \dots \vee Q_n.$$

Из них можно вывести новое предложение, называемое резольвентой, как дизъюнкция исходных предложений без дополняющих друг друга пар типа  $P_1$  и  $\neg P_1$ .

При анализе предикатных выражений часто возникает необходимость в доказательстве их эквивалентности. Этую задачу в ряде случаев можно решить зависимой заменой переменных в литералах, называемой *унификацией*.

**Заменой S** (унификатор) называют конечное множество упорядоченных пар  $\{t_1/U_1, \dots, t_n/U_n\} = S$ , где пара  $t_i/U_i$  означает, что переменная  $U_i$  заменяется термом (константы, переменные и функции от термов)  $t_i$ . Применение S к выражению E обозначают как  $ES$ . Пример:

$$E = F(q(X), a, Y), \quad S_1 = \{Z/X, U/Y\}, \quad S_2 = \{Y/X, f(X)/Y\}, \quad S_3 = \{b/X, m(b)/Y\}.$$

Тогда

$$ES_1 = F(q(Z), a, U), \quad ES_2 = F(q(Y), a, f(X)), \quad FS_3 = F(q(b), a, m(b)).$$

**Композицией** двух замен  $\alpha$  и  $\beta$  называется замена  $\gamma = \alpha \circ \beta$ . Для этого:

- 1) применяют  $\beta$  к термам в  $\alpha$ ;
- 2) исключают из  $\beta$  пары  $t_i/U_i$ , такие, что  $U_i$  является переменной в  $\alpha$ ;
- 3) собирают пары, полученные в пп.1, 2.

Пример:

$$\alpha = \{a/X, q(Y, Z, U)/V\}, \quad \beta = \{b/X, c/Y, f(X)/Z, k(d)/V, f(X)/W\}.$$

После выполнения п.1 находим

$$\alpha = \{a/X, q(c, f(X), U)/V\}.$$

Пункт 2 дает

$$\beta = \{c/Y, f(X)/Z, f(X)/W\}.$$

Результатом п.3 является

$$\gamma = \{a/X, q(c, f(X), U)/V, c/Y, f(X)/Z, f(X)/W\}.$$

Очевидно, что применение к литералу последовательно замен  $\alpha$  и  $\beta$  дает такой же результат, что и применение замены  $\gamma$ .

В общем случае  $\alpha \circ \beta \neq \beta \circ \alpha$ .

Композиция замен ассоциативна:  $(\alpha \circ \beta) \circ \omega = \alpha \circ (\beta \circ \omega)$ .

Эквивалентные выражения, кроме литералов, могут иметь различные, более сложные формы. В табл. 1 даны примеры широко используемых эквивалентных преобразований,

приведенных без доказательств.

Эквивалентные ПФ

Таблица 1

Исходная ПФ	Эквивалентная ПФ	Вид закона
$\neg F(\neg F)$	$F$	
$F \rightarrow G$	$\neg F \vee G$	
$F \leftrightarrow G$	$(F \rightarrow G) \wedge (G \rightarrow F)$	
$\neg(F \wedge G)$	$\neg F \vee \neg G$	Закон де Моргана
$\neg(F \vee G)$	$\neg F \wedge \neg G$	Закон де Моргана
$F \wedge (G \vee H)$	$(F \wedge G) \vee (F \wedge H)$	Закон дистрибутивности
$F \vee (G \wedge H)$	$(F \vee G) \wedge (F \vee H)$	Закон дистрибутивности
$F \vee G$	$G \vee F$	Закон коммутативности
$F \wedge G$	$G \wedge F$	Закон коммутативности
$(F \vee G) \vee H$	$F \vee (G \vee H)$	Закон ассоциативности
$(F \wedge G) \wedge H$	$F \wedge (G \wedge H)$	Закон ассоциативности
$F \rightarrow G$	$\neg G \rightarrow \neg F$	Контрапозиционный закон
Исходная ПФ	Эквивалентная ПФ	Вид закона
$F \wedge \neg F$	0	
$F \vee \neg F$	1	
$F \wedge 0$	0	
$F \wedge 1$	$F$	
$F \vee 0$	$F$	
$F \vee 1$	1	
$\neg(\exists X F(X))$	$\forall X(\neg F(X))$	
$\neg(\forall X F(X))$	$\exists X(\neg F(X))$	
$\forall X(F(X) \wedge G(X))$	$\forall X F(X) \wedge \forall X G(X)$	
$\exists X(F(X) \vee G(X))$	$\exists X F(X) \vee \exists X G(X)$	
$\forall X F(X)$	$\forall Y F(Y)$	Закон немых переменных
$\exists X F(X)$	$\exists Y F(Y)$	Закон немых переменных

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

- Нарисовать блок-схему алгоритма унификации двух литералов с тремя аргументами, учитывающего операции сравнения имен литералов, количество и расстановку разделителей. Имена литералов являются буквой, номер которой в алфавите совпадает с номером бригады.
- Составить программу унификации двух предикатных литералов по п.1.
- Отладить программу п.2, осуществить прогон и записать результаты.
- Изменить имя одного из литералов на следующую букву алфавита и повторно выполнить п. 3.
- Изменить количество аргументов любого литерала и повторить п. 3.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- Краткие теоретические сведения.
- Блок-схема алгоритма.

### 3. Результаты прогонов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состав формально-логической модели.
2. Определение предикатов первого порядка.
3. Элементы предикатных формул.
4. Синтаксис предикатов.
5. Принцип резолюций.
6. Понятие унификатора.
7. Алгоритм унификации.
8. Композиция замен.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. исследование алгоритма обработки знаний методом "от фактов к цели". Прямая дедукция

### ПРЯМАЯ ДЕДУКЦИЯ

**Цель** работы: изучение и исследование алгоритма обработки знаний методом "от фактов к цели".

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Одной из важных моделей знаний в ИС является продукционная модель типа  
*если <условие>, то <заключение>*,

где:

"если", "то" – операторы;  
<условие> (анцедент) – это: посылка, утверждение, предшествующий, основание;  
<заключение> (консеквент) – это: действие, следствие, последующий, гипотеза;  
генерируется при истинности условия.

Приведенное правило, а также его условную или заключительную части иногда называют суждениями. Очевидно, что приведенное простое правило в теории предикатов первого порядка может быть выражено формулой импликации. В общем случае продукционная модель не привязана к какой-либо формальной теории и имеет различные модификации.

Сложное продукционное правило может иметь одно заключительное суждение, являющееся следствием двух других исходных (**силлогизм**). Например, правило "отделения" (modus ponens):

*если  $\alpha \rightarrow \beta$  истинно и  $\alpha$  истинно, то  $\beta$  истинно,*

где условная часть содержит два подусловия (две посылки или два исходных суждения). Ниже дан более сложный пример, в котором имеются три правила, причем третье содержит посылку из первого и заключение из второго правила (гипотетический силлогизм):

[если  $X$ , то  $Y$  и если  $Y$ , то  $Z$ ], то [если  $X$ , то  $Z$ ].

Условная часть продукционного правила при выводе его следствия фигурирует как фактическая составляющая, истинность которой либо установлена заранее, либо должна быть доказана. После этого само следствие может быть использовано в других правилах в качестве нового факта, что приводит к логической цепочке доказательств, приводящей к новым знаниям.

Все или часть уже известных фактов могут быть выделены в особую группу – базу фактов, используемую как в условных частях правил, так и самостоятельно. В этом случае вся база знаний (БЗ) делится на две части: база фактов (БФ) и база правил (БП).

Поиск новых знаний в продукционных моделях может быть прямым и обратным. Рассмотрим первый метод применительно к теории предикатов.

Прямая дедукция: если  $F_1, F_2, \dots, F_n, G$  – логические выражения, то  $G$  является логическим следствием из  $F_1, F_2, \dots, F_n$  тогда и только тогда, когда логическое выражение  $F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n \wedge \neg G$  тождественно ложно. Выводы применяют к фактам и правилам. Алгоритм завершает работу при достижении цели (прямая цепочка рассуждений – от фактов к целям).

Пример задачи по методу “от фактов к цели”.

Факт 1: Иванов – преподаватель математического факультета (формализованная запись – *преп.(матем.,иванов)*).

Факт 2: Петрова – студентка факультета информатики (*студ.(информ.,петрова)*).

Правило 1. Если  $Y$  – преподаватель факультета  $X$  и  $W$  – студентка факультета  $Z$  при  $X \neq Z$  (это неравенство есть добавочный неиндексированный факт), то  $Y$  может быть экзаменатором для  $W$ :  $((\text{преп.}(X,Y) \wedge \text{студ.}(Z,W) \wedge \neg \text{равно}(X,Z)) \rightarrow \text{экзам.}(Y,W))$ .

Цель 1 (запрос): Может ли Иванов быть экзаменатором у Петровой (*экзам.(иванов,петрова)*)?

Утвердительный ответ на поставленный вопрос имеет вид следующей теоремы:

$(\text{факт1} \wedge \text{факт2} \wedge \text{правило1}) \rightarrow \text{цель1}$ .

Доказательство теоремы сводится к доказательству истинности данного логического выражения. С помощью табл. 1 перепишем теорему как

$\neg (\text{факт1} \wedge \text{факт2} \wedge \text{правило1}) \vee \text{цель1}$ .

Истинность этого выражения соответствует ложности следующего выражения:

$(\text{факт1} \wedge \text{факт2} \wedge \text{правило1}) \wedge \neg \text{цель1}$ ,

что прямо указывает на теорему прямой дедукции. Доказательство теоремы с помощью резолюций проведем в несколько этапов.

Этап 1. Преобразуем правило 1 в дизъюнкты с помощью табл.1:

$\neg \text{преп.}(X,Y) \vee \neg \text{студ.}(Z,W) \vee \neg (\neg \text{равно}(X,Z)) \vee \text{экзам.}(Y,W)$ .

Рассмотрим далее два предложения – факт 1 и последнее правило 1. Применим к выделенным предложениям принцип резолюций. Заменив в найденной резольвенте переменные на известные константы, имеющиеся в факте 1, получим правило 2:

$\neg \text{студ.}(Z,W) \vee \text{равно}(\text{матем.},Z) \vee \text{экзам.}(иванов,W)$ .

Этап 2. Аналогично вышеизложенному из факта 2 и правила 2 резолюцией получаем факт 3:

$\text{экзам.}(иванов,петрова) \vee \text{равно}(\text{матем.},\text{информ.})$ .

Так как  $X$  и  $Z$  – разные факультеты (этот факт отражен в правиле 1 неравенством  $X \neq Z$ ), то  $\text{равно}(\text{матем.},\text{информ.}) = \text{Л}$  (ложь) и в факте 3 остается факт 4:  $\text{экзам.}(иванов,петрова)$ .

Этап 3. Поскольку  $цель1 = экзам.(иванов,петрова)$ , с получением факта 4 искомая цель разрешена. Очевидно, что методом резолюций были обработаны все предложения в части  $(факт1 \wedge факт2 \wedge правило1)$  теоремы. Заменив указанную часть на факт 4, получим вместо формулы  $(факт1 \wedge факт2 \wedge правило1) \wedge \neg цель1$  выражение  $факт4 \wedge \neg цель1 = экзам.(иванов,петрова) \wedge \neg экзам.(иванов,петрова)$ , являющееся ложным. Теорема доказана.

Вывод факта 4 (подтверждение цели 1) соответствует фактическому завершению обработки исходных данных.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Нарисовать блок-схему алгоритма решения задачи из приведенного ранее примера методом "от фактов к цели".
2. Составить программу, реализующую алгоритм п. 1. Используемые имена переменных - буквы, начиная с той, номер которой в алфавите совпадает с номером бригады.
3. Отладить программу п. 2 и осуществить рабочий прогон. Записать результат.
4. Ввести любое изменение в исходные данные, повторить выполнение п. 3.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие теоретические сведения.
2. Блок-схема алгоритма.
3. Результаты прогонов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Правило продукции.
2. Силлогизмы.
3. Теорема прямой дедукции.
4. Принцип решения задач "от фактов к цели".
5. Использование правила резолюции в п. 4.
6. Используемые эквивалентные преобразования в п. 3.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Исследование алгоритма обработки знаний методом "от цели к фактам ". Обратная дедукция

**Цель** работы: изучение и исследование алгоритма обработки знаний методом "от цели к фактам ".

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Обратная дедукция: если  $F_1, F_2, \dots, F_n, G$  - логические выражения, то  $G$  является логическим следствием из  $F_1, F_2, \dots, F_n$  тогда и только тогда, когда логическое выражение  $\neg F_1 \vee \neg F_2 \vee \dots \vee \neg F_n \vee G$  тождественно истинно (общезначимо). Выводы применяют к цели и правилам, чтобы получить новые частичные цели. Алгоритм завершает работу, когда все частичные цели приведут к тем или иным известным фактам (обратная цепочка рассуждений – от целей к фактам).

В системах обратной дедукции правила и цели преобразуют в конъюнкты, чтобы применить правило согласия, двойственное правилу резолюций. Применяя его к конъюнкциям  $P \wedge C_1$  и  $\neg P \wedge C_2$ , получают конъюнкцию  $C_1 \wedge C_2$ . Рассмотрим пример лабораторной работы № 2 методом обратной дедукции. Для этого преобразуем с учетом табл. 1 ранее используемую формулу  $\neg(\text{факт1} \wedge \text{факт2} \wedge \text{правило1}) \vee \text{цель1}$ :

$$\neg\text{факт1} \vee \neg\text{факт2} \vee \neg\text{правило1} \vee \text{цель1}.$$

Последнее полностью соответствует теореме обратной дедукции. Вначале используем принцип резолюций.

Этап 1. Преобразуем часть  $\neg\text{правило1}$  к виду

$$\text{преп.}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) \wedge \text{студ.}(\mathbf{Z}, \mathbf{W}) \wedge \neg\text{равно}(\mathbf{X}, \mathbf{Z}) \wedge \neg\text{экзам.}(\mathbf{Y}, \mathbf{W})$$

и подставим ее в последнюю формулу теоремы:

$$\begin{aligned} &\neg\text{факт1} \vee \neg\text{факт2} \vee (\text{преп.}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) \wedge \text{студ.}(\mathbf{Z}, \mathbf{W}) \wedge \\ &\wedge \neg\text{равно}(\mathbf{X}, \mathbf{Z}) \wedge \neg\text{экзам.}(\mathbf{Y}, \mathbf{W})) \vee \text{цель1}. \end{aligned}$$

С учетом правила согласия из цели 1 и отрицания правила 1 выводим новую цель 2:

$$\text{преп.}(\mathbf{X}, \text{иван.}) \wedge \text{студ.}(\mathbf{Z}, \text{петрова}) \wedge \neg\text{равно}(\mathbf{X}, \mathbf{Z}),$$

где осуществлена замена переменных на известные константы цели 1.

Этап 2. Из цели 2 и отрицания факта 1 выводим цель 3:

$$\text{студ.}(\mathbf{Z}, \text{петрова}) \wedge \neg\text{равно}(\text{матем.}, \mathbf{Z}).$$

Этап 3. Из цели 3 и отрицания факта 2 находим факт 3:

$$\neg\text{равно}(\text{матем.}, \text{информ.}).$$

Получили известный (неиндексированный) факт и факт истинный. Теорема доказана.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Нарисовать блок-схему алгоритма решения задачи из приведенного ранее примера методом "от цели к фактам".
2. Составить программу, реализующую алгоритм п.1. Используемые имена переменных - буквы, начиная с той, номер которой в алфавите совпадает с номером бригады.
3. Отладить программу п. 2 и осуществить рабочий прогон. Записать результат.
4. Ввести любое изменение в исходные данные, повторить выполнение п. 3.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие теоретические сведения.
2. Блок-схема алгоритма.
3. Результаты прогонов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Правило продукции.
2. Силлогизмы.

3. Теорема обратной дедукции.
4. Принцип решения задач "от цели к фактам".
5. Использование правила резолюции в п.4.
6. Используемые эквивалентные преобразования в п. 3.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. исследование алгоритма обработки знаний на основе нечетких множеств. Нечеткие множества

**Цель** работы: изучение и исследование алгоритма обработки знаний на основе нечетких множеств.

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пусть  $E$  - базовое универсальное множество элементов  $X$ ,  $A$  - подмножество в  $E$ , т.е.  $A \subset E$ . Принадлежность элемента  $X$  подмножеству  $A$  можно выразить характеристической функцией или функцией принадлежности  $\mu_A(x)$ , например  $\mu_A(x)=1$ , если  $x \in A$ ,  $\mu_A(x)=0$ , если  $x \notin A$ . Функция  $\mu_A(x)$  в общем случае может принимать любое значение в интервале  $\overline{0,1}$ . Тогда пишут, что  $x \in_{\mu_A(x)} A$ , где  $A$  определено нечетко.

**Нечетким** подмножеством  $A$  множества  $E$  называют множество упорядоченных пар  $\{\mu_A(x)/x\}$ ,  $\forall x \in E$ , где  $\mu_A(x)$  имеет значения из множества принадлежностей  $M$ . Считают  $A = \bigcup_E \mu_A(x) / x$ .

### ОПЕРАЦИИ С НЕЧЕТКИМИ МНОЖЕСТВАМИ

Равенство:  $A = B$  тогда и только тогда, когда  $\forall x \in E : \mu_A(x) = \mu_B(x)$ .

Пересечение:  $A \cap B$  есть наибольшее нечеткое подмножество, содержащееся одновременно в  $A$  и  $B$ :  $\forall x \in E : \mu_{A \cap B} = \text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x))$ .

Объединение:  $A \cup B$  есть наименьшее нечеткое подмножество, которое одновременно содержит как  $A$ , так и  $B$ :  $\forall x \in E : \mu_{A \cup B} = \text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x))$ .

Дополнение:  $A$  и  $B$  дополняют друг друга, если  $\forall x \in E : \mu_A(x) = 1 - \mu_B(x)$ , т. е.  $B = \neg A$  или  $A = \neg B$ .

Включение:  $A \subset B$ , если  $\forall x \in E : \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ .

Дизъюнктивная сумма:  $A \oplus B = (A \cap \neg B) \cup (\neg A \cap B)$ .

Перемещение:  $\forall x \in E : \mu_B(x) = \mu_A(x - \lambda)$ ,  $\lambda$  - вещественное.

Нормализация:  $\forall x \in E : \mu_B(x) = \frac{\mu_A(x)}{\max \mu_A(x)}$ .

Уплотнение:  $\forall x \in E: \mu_B(x) = (\mu_A(x))^k, k > 1$ .

Растяжение:  $\forall x \in E: \mu_B(x) = (\mu_A(x))^k, 0 < k < 1$ .

*Нечеткие отношения.* Пусть  $X, Y$  - универсальные множества. Нечетким отношением  $R$  на множестве  $X \times Y$  называется совокупность пар  $R = \bigcup_{(x, y) \in X \times Y} \mu_R(x, y) / x, y$ .

Пример:

$R$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.2	0.5	1
$x_2$	0	0.4	0.9

Пересечение нечетких отношений  $R, L$  из  $X \times Y$  есть  $R \cap L$ . Для него  $\mu_{R \cap L}(x, y) = \mu_R(x, y) \wedge \mu_L(x, y) = \text{MIN}(\mu_R(x, y), \mu_L(x, y))$ . Пример  $R = R_1 \cap R_2$ :

$R_1$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.2	0.5	1
$x_2$	0	0.4	0.9

$R_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.3	0.6	0.9
$x_2$	0.1	0.4	0.8

$R$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.2	0.5	0.9
$x_2$	0	0.4	0.8

Объединение  $R \cup L$ :  $\mu_{R \cup L}(x, y) = \mu_R(x, y) \vee \mu_L(x, y) = \text{MAX}(\mu_R(x, y), \mu_L(x, y))$ . Пример:

$R_1$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.2	0.5	1
$x_2$	0	0.4	0.9

$R_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.3	0.6	0.9
$x_2$	0.1	0.4	0.8

$R$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.3	0.6	1
$x_2$	0.1	0.4	0.9

Алгебраическое произведение  $R \cdot L$ :  $\mu_{R \cdot L}(x, y) = \mu_R(x, y) \cdot \mu_L(x, y)$ .

Свойство дистрибутивности для  $\cup$  и  $\cdot$ :

$$R \cap (L \cup B) = (R \cap L) \cup (R \cap B); \quad R \cup (L \cap B) = (R \cup L) \cap (R \cup B);$$

$$R \cdot (L \cup B) = (R \cdot L) \cup (R \cdot B); \quad R \cdot (L \cap B) = (R \cdot L) \cap (R \cdot B).$$

Алгебраическая сумма  $R + L$ :  $\mu_{R+L}(x, y) = \mu_R(x, y) + \mu_L(x, y) - \mu_R(x, y) \cdot \mu_L(x, y)$ .

Дополнение  $\bar{R}$ :  $\mu_{\bar{R}}(x, y) = 1 - \mu_R(x, y)$ .

Дизъюнктивная сумма:  $R \oplus L = (R \cap \bar{L}) \cup (\bar{R} \cap L)$ .

$\underline{R}$ , ближайшее к  $R$ :

$$\mu_{\underline{R}}(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } \mu_R(x, y) < 0.5, \\ 1, & \text{если } \mu_R(x, y) > 0.5, \\ 0 \text{ или } 1, & \text{если } \mu_R(x, y) = 0.5. \end{cases}$$

$R$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0.2	0.5	1
$x_2$	0	0.4	0.9

$\underline{R}$	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0	0	1
$x_2$	0	0	1

Пример:

Максиминная композиция  $R_1 \circ R_2$ , где  $R_1 \subset X \times Y$ ,  $R_2 \subset Y \times Z$ :

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x, z) = \min_y (\mu_{R_1}(x, y) \wedge \mu_{R_2}(y, z)) = \max_y (\min(\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(y, z))).$$

	$R_1$	$y_1$	$y_2$	$y_3$		$R_2$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$		$R_1 \circ R_2$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$x_1$	0.1	0.4	0.7		$y_1$	0.9	0.4	0.2		$x_1$	0.7	0.6	0.3	
$x_2$	0	0.4	0.9		$y_2$	1	0.5	0.1		$x_2$	0.8	0.6	0.3	

$$\min(\mu_{R_1}(x_1, y_2), \mu_{R_2}(y_2, z_1)) = \min(0.4, 1) = 0.4;$$

$$\min(\mu_{R_1}(x_1, y_3), \mu_{R_2}(y_3, z_1)) = \min(0.7, 0.8) = 0.7;$$

$$\max(0.1, 0.4, 0.7) = 0.7 \text{ и т. д.}$$

Очевидно, что любому набору пар  $\mu(x)/x, \mu(x, y)/(x, y)$  можно дать словесные (лингвистические) определения. Это увязывает нечеткую логику с мышлением человека (хороший, плохой, очень, не очень, более или менее, неизвестно), так как иначе трудно оценить состояние объекта, характеризующегося указанными наборами. Нечетких логик много. Пример: нечеткая (многозначная) логика  $Z_1$  (табл. 2, где  $k b = \max(b, 1-b)$ ;  $k a = \max(a, 1-a)$ );  $a, b$  - степени истинности (значения  $\mu$ ) логических посылок  $A$  и  $B$ ).

Многозначная логика  $Z_1$

Таблица 2.

Связка	Обозначение	Значения
Тавтология	$\bullet$ $A$	1
Противоречие	$\circ$ $A$	0
Дизъюнкция	$A \vee B$	$a, a+b > 1$ $1, a+b = 1$ $b, a+b < 1$
Отрицание	$\neg A$	$1-a$
Конъюнкция	$A \wedge B$	$a, a+b < 1$ $0, a+b = 1$ $b, a+b > 1$
Импликация	$A \rightarrow B$	$1-a, a < b$ $1, a = b$ $b, a > b$

Эквивалентность	$A \xleftrightarrow{1} B$	$1-k a, a < b$ 1, $a = b$ $1-k b, a > b$
Штрих Шеффера	$A \perp^1 B$	$1-a, a+b < 1$ 1, $a+b = 1$ $1-b, a+b > 1$
Стрелка Пирса	$A \downarrow^1 B$	$1-a, a+b > 1$ 0, $a+b = 1$ $1-b, a+b < 1$

### ВЫВОДЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Использование нечетких множеств рассмотрим при выводах на основе нечеткой логики. Нечеткая логика пользуется различными критериями и условиями, получаемыми логическими способами. Далее даны примеры наиболее широко используемых критериев.

Правила-критерии нечетких выводов для  $A \subset U, B \subset V$ .

I. *Пр1: если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$*

*Пр2:  $X$  есть  $A$*

*Сл:  $Y$  есть  $B$ .*

II-1. *Пр1: если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$*

*Пр2:  $X$  есть очень  $A$*

*Сл:  $Y$  есть очень  $B$ .*

II-2. *Пр1: если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$*

*Пр2:  $X$  есть очень  $A$*

*Сл:  $Y$  есть  $B$ .*

III. *Пр1: если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$*

*Пр2:  $X$  есть более или менее  $A$*

*Сл:  $Y$  есть более или менее  $B$ .*

IV-1. Пр1: если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$

Пр2:  $X$  есть не  $A$

Сл:  $\overline{Y}$  неизвестно.

IV-2. Пр1: если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$

Пр2:  $X$  есть не  $A$

Сл:  $\overline{Y}$  есть не  $B$ ,

где “Пр” – предпосылка, “Сл” – следствие,  $A = \int_U \mu_A(U)/U$ ,  $B = \int_V \mu_B(V)/V$ , ”очень  $W$ ” =  $W^2$ , “более или менее  $W$ ” =  $W^{0.5}$  ( $W$  - любое нечеткое множество).

Условие-неравенство:  $\mu_A(U) \wedge (\mu_A(U) \rightarrow \mu_B(V)) \leq \mu_B(V)$ , где “ $\rightarrow$ ” – импликация, зависящая от вида нечеткой логики  $Z$ .

Пример:  $Z = Z_1$ ,

$$U = V = 0+1+2+3+4+5+6+7+8+9+10,$$

$$A = \text{мало} = 1/0 + 0.8/1 + 0.6/2 + 0.4/3 + 0.2/4,$$

$$B = \text{средне} = 0.2/2 + 0.4/3 + 0.8/4 + 1/5 + 0.8/6 + 0.4/7 + 0.2/8.$$

Проверим правило-критерий I. Для этого сначала найдем бинарное отношение  $R_1(A_1(X), A_2(Y))$  между  $X$  и  $Y$  в предпосылке Пр1 ( $A_1(X)$ ,  $A_2(Y)$  – множества, определяемые атрибутами  $X$ ,  $Y$ , принимающими значения из  $U$ ,  $V$  соответственно). Предпосылка Пр1 – “если  $X$  есть  $A$ , то  $Y$  есть  $B$ ” – содержит два унарных отношения:  $R(A_1(X)) = A$  и  $R(A_2(Y)) = B$ . Из всех возможных отношений  $R_1(A_1(X), A_2(Y))$  выберем отношение вида  $R_1(A_1(X), A_2(Y)) = A \times V \rightarrow V \times B = \int_{U \times V} (\mu_A(U) \rightarrow \mu_B(V)) / (U, V)$ , где  $\mu_A(U) \rightarrow \mu_B(V) = \mu_{R_1}(U, V)$ .

Тогда с учетом табл. 2, где  $a = \mu_A(U)$ ,  $b = \mu_B(V)$ , можно рассчитать  $R_1(A_1(X), A_2(Y))$  следующим образом:

0<sup>0</sup>.  $U = U_0 = 0$ ,  $V = V_0 = 0$ . Из исходных данных  $\mu_A(U_0) = 1$  (числитель первого элемента множества  $A$ ),  $\mu_B(V_0) = 0$  (то же для  $B$ ). В этом случае  $a > b$  и  $\mu_{R_1}(U_0, V_0) = \mu_A(U_0) \rightarrow \mu_B(V_0) = 1 \rightarrow 0 = 0$ .

1<sup>0</sup>.  $U = U_0 = 0$ ,  $V = V_1 = 1$ ;  $\mu_A(U_0) = 1$ ,  $\mu_B(V_1) = 0$ ;  $\mu_{R_1}(U_0, V_1) = 0$ .

2<sup>0</sup>.  $U = U_0 = 0$ ,  $V = V_2 = 2$ ;  $\mu_A(U_0) = 1$ ,  $\mu_B(V_2) = 0.2$ ;  $\mu_{R_1}(U_0, V_2) = 0.2$  и т. д.

0<sup>1</sup>.  $U=U_1=1, V=V_0=0; \mu_A(U_1)=0.8, \mu_B(V_0)=0; \mu_{R_1}(U_1, V_0)=0$  и т. д.

Значения  $\mu_{R_1}$  для всех пар  $(U, V)$  сведем в таблицу отношения  $R_1(A_1(X), A_2(Y))$  – табл.3.

Значения  $\mu_{R_1}$  для  $R_1(A_1(X), A_2(Y))$

Таблица 3.

$U \backslash V$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0.2	0.4	0.8	1	0.8	0.4	0.2	0	0
1	0	0	0.2	0.4	1	0.2	1	0.4	0.2	0	0
2	0	0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0	0
3	0	0	0.2	1	0.6	0.6	0.6	1	0.2	0	0
4	0	0	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Предпосылка Пр2 есть  $R(A_1(X)) = A$ . Тогда следствие  $R(A_2(Y)) = A \circ R_1(A_1(X), A_2(Y)) = \int_U^V [\mu_A(U) \wedge (\mu_A(U) \rightarrow \mu_B(V))] / V = \int_U^V [\mu_A(U) \wedge \mu_{R_1}(U, V)] / V$ , где  $\int_U^V [\mu_A(U) \wedge \mu_{R_1}(U, V)] = \mu_R(V)$ . По аналогии с предыдущим алгоритмом имеем:

0<sup>0</sup>.  $U=U_0=0, V=V_0=0; \mu_A(U_0)=1, \mu_{R_1}(U_0, V_0)=0$ . В этом случае

$$\mu_A(U_0) \wedge \mu_{R_1}(U_0, V_0) = 1 \wedge 0 = 0 = S_0.$$

1<sup>0</sup>.  $U=U_1=1, V=V_0=0; \mu_A(U_1)=0.8, \mu_{R_1}(U_1, V_0)=0; S_1=0.8 \wedge 0 = 0$  и т. д.

5<sup>0</sup>.  $U=U_5=5, V=V_0=0; \mu_A(U_5)=0, \mu_{R_1}(U_5, V_0)=1; S_5=0 \wedge 1 = 0$  и т. д.

Очевидно, что  $\mu_R(V_0) = \bigvee_U [\mu_A(U) \wedge \mu_{R_1}(U, V_0)] = 0$ . Аналогично находим  $\mu_R(V_1) = 0$ . Далее:

0<sup>2</sup>.  $U = U_0 = 0, V = V_2 = 2; \mu_A(U_0) = 1, \mu_{R_1}(U_0, V_2) = 0.2; \mu_A(U_0) \wedge \mu_{R_1}(U_0, V_2) = 1 \wedge 0.2 = 0.2 = S_0$ .

1<sup>2</sup>.  $U = U_1 = 1, V = V_2 = 2; \mu_A(U_1) = 0.8, \mu_{R_1}(U_1, V_2) = 0.2; S_1 = 0.8 \wedge 0.2 = 0.2$ ;

4<sup>2</sup>.  $U = U_4 = 4, V = V_2 = 2; \mu_A(U_4) = 0.2, \mu_{R_1}(U_4, V_2) = 1; S_4 = 0.2 \wedge 1 = 0.2$ .

5<sup>2</sup>.  $U = U_5 = 5, V = V_2 = 2; \mu_A(U_5) = 0, \mu_{R_1}(U_5, V_2) = 1; S_5 = 0 \wedge 1 = 0$  и т. д. до

$S_{10} = 0$ . Для этих пунктов  $\mu_R(V_2) = \bigvee_U [\mu_A(U) \wedge \mu_{R_1}(U, V_2)] = 0.2$ . После нахождения всех значений  $\mu_R(V)$  имеем:

$R(A_2(Y)) = 0.2/2 + 0.4/3 + 0.8/4 + 1/5 + 0.8/6 + 0.4/7 + 0.2/8 = B$  = средне.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Нарисовать блок-схему алгоритма проверки критерия нечеткого вывода в вышеизложенном примере.
2. Составить программу, реализующую п.1, где имена множеств начинаются с буквы номер которой в алфавите совпадает с номером бригады.
3. Отладить программу п. 2, запустить рабочий прогон и записать результаты.
4. Внести любое изменение в функции принадлежности и повторить п. 3.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие теоретические сведения.
2. Блок-схема алгоритма.
3. Результаты прогонов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие универсума.
2. Функция принадлежности.
3. Нечеткое множество.
4. Формы записи нечеткого множества.
5. Операции с нечеткими множествами.
6. Нечеткие отношения.
7. Примеры нечетких выводов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. Мн.: НТООО "Тетра-систем", 1997. 368 с.

2. Гаврилова Т.А. , Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
3. Корнеев В.В. и др. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. М.: Нолидж, 2000. 352 с.
4. Представление знаний в информационных системах: Учеб. пособие / В.Ф. Одиноков; Рязан. гос. радиотехн. акад. Рязань, 2002. 60 с.

#### **4.Критерии оценивания компетенций**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если глубокие, исчерпывающие знания и творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала; логически последовательные, содержательные, полные, правильные и конкретные ответы на все поставленные вопросы и дополнительные вопросы преподавателя; свободное владение основной и дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном устранении замечаний по отдельным вопросам; достаточно владение литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если твердые знания и понимание основного программного материала; правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы при устранении неточностей и несущественных ошибок в освещении отдельных положений при наводящих вопросах преподавателя; недостаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если неправильные ответы на основные вопросы, допущены грубые ошибки в ответах, непонимание сущности излагаемых вопросов; неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.

#### **5.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные занятия по дисциплине, в следующих формах: отчет письменный, коллоквиум, контрольная работа.

Допуск к лабораторным работам происходит при наличии у студентов печатного варианта отчета. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Отчет включает в себя следующие разделы: титульный лист с названием работы; цель работы; краткие теоретические сведения; описание результатов

лабораторной работы; вывод из работы, включающий в себя описание проделанной работы, заключение о том, соответствуют ли полученные результаты теоретически ожидавшимся, если имеются несоответствия, их нужно объяснить.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- полностью не соответствует установленным требованиям;
- не раскрыта суть работы.

## **6 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **6.1.1. Перечень основной литературы:**

1. Советов Б.Я. Представление знаний в информационных системах: учебник. - 2-е изд. - М.: Академия, 2012-144с.
2. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Серегин М.Ю., Дидрих В.Е., Мартемьянов Ю.Ф. Представление знаний в информационных системах: учебное пособие- Томбов: Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ,2012-169с.

### **6.1.2. Перечень дополнительной литературы:**

1. Фридман А.Я., Фридман О.В. Логические прикладные системы искусственного интеллекта. Учебное пособие. Апатиты: КФ ПетрГУ, 2004
2. Коробова И.Л., Артемов Г.В. Принятие решений в системах, основанных на знаниях: уч ебное пособие - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ,2012-81с.
3. Сосенская С.С. Представление знаний в информационной системе: учебная литература- М.: ТНТ, 2015-216с.

## **6.2.Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:**

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Представление знаний в информационных системах»;
2. Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Представление знаний в информационных системах»;
3. Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Представление знаний в информационных системах».

### **6.1.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:**

1. <http://www.intuit.ru> – сайт дистанционного образования в области информационных технологий
2. <http://www.iqlib.ru> - интернет библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия;
3. <http://www.biblioclub.ru> - электронная библиотечная система «Университетская библиотека – online»: специализируется на учебных материалах для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а так же содержит материалы по точным и естественным наукам.
4. <http://www.iprbookshop.ru>– электронно-библиотечная система IPRbooks.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Пятигорский институт (филиал) СКФУ*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И  
ПРОВЕДЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМАХ**

Направление подготовки

**09.04.02**

**Информационные системы и  
технологии**

Направленность (профиль)

**«Технологии работы с данными и  
знаниями, анализ информации»**

Пятигорск, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	23
2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА.....	25
4. СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	26
4.1. Подготовка к лекциям. Самостоятельное изучение литературы .....	26
5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ .....	29
6. Организация контроля знаний студентов .....	29
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	31

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель данной дисциплины – дать систематический обзор современных моделей представления знаний, изучить и освоить принципы построения экспертных систем, рассмотреть перспективные направления развития систем искусственного интеллекта и принятия решений.

### 1.1. Цели освоения дисциплины.

В результате изучения данной дисциплины студент должен знать:

- модели представления знаний;
- принципы построения экспертных систем;
- современные системы искусственного интеллекта и принятия решений;

и уметь:

- разрабатывать программные реализации экспертных систем на ЭВМ;
- применять различные модели представления знаний при реализации экспертных систем на ЭВМ.

### 1.2. Задачи изложения и изучения дисциплины.

При изучении данной дисциплины в процессе чтения лекций преподаватель излагает студентам существующие модели представления знаний, принципы построения экспертных систем и перспективные направления развития систем искусственного интеллекта и принятия решений. В процессе самостоятельной работы студент на основе конспектов лекций, и рекомендованной литературы производит усвоение знаний. Контроль знаний осуществляется преподавателем по результатам контрольных работ. На основе полученных знаний и методических указаний по выполнению лабораторных работ студентом под руководством преподавателя проводится выполнение лабораторных работ.

## 2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 способен осуществлять управление, развитием баз данных, включая развертывание, сопровождение,	<b>ИД-1 ПК-1</b> Осуществляет управление, развитием баз данных. <b>ИД-2 ПК-1</b> Обеспечивает развертывание, сопровождение и оптимизацию функционирования баз данных	Обеспечивает управление, развитием баз данных, включая развертывание, сопровождение, оптимизацию функционирования баз данных

<p>оптимизацию функционирования баз данных, являющихся частью различных информационных систем</p>	<p><b>ИД-3 ПК-1</b> Осуществляет документальное сопровождение управления базами данных</p>	
<p>ПК-2 способен создания технической документации информационно-методического и маркетингового назначения в сфере информационных технологий и систем</p>	<p><b>ИД-1 ПК-2</b> Создает техническую документации информационно-методического назначения в сфере информационных технологий и систем  <b>ИД-2 ПК-2</b> Применяет техническую документацию для создания информационных технологий и систем  <b>ИД-3 ПК-2</b> Использует техническую документацию для решения маркетинговых задач в сфере информационных технологий и систем;</p>	<p>Создает техническую документацию для эксплуатации информационных технологий и систем.</p>
<p>ПК-4 способен выполнять разработку систем управления базами данных, операционных систем, организацию разработки системного программного обеспечения, интеграция разработанного системного</p>	<p><b>ИД-1 ПК-4</b> Выполняет разработку систем управления базами данных.  <b>ИД-2 ПК-4</b> Проводить непосредственное руководство процессами разработки программного обеспечения;  <b>ИД-3 ПК-4</b> Проводить организацию разработки системного программного обеспечения, интеграцию</p>	<p>Разрабатывает систем управления базами данных, операционных систем, организацию разработки системного программного обеспечения</p>

программного обеспечения	разработанного системного программного обеспечения.	
--------------------------	---	--

### 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Для студентов заочной формы обучения:

Коды реализуемых компетенций, индикаторов(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
4 семестр					
ПК-1 (ИД 1пк-1, ИД 2 пк-1, ИД 3 пк-1), ПК-2 (ИД 1пк-2, ИД 2 пк-2, ИД 3 пк-2), ПК-4 (ИД 1пк-4, ИД 2 пк-4, ИД 3 пк-4)	Подготовка к лекциям	Собеседование	0,36	0,04	0,4
ПК-1 (ИД 1пк-1, ИД 2 пк-1, ИД 3 пк-1), ПК-2 (ИД 1пк-2, ИД 2 пк-2, ИД 3 пк-2), ПК-4 (ИД 1пк-4, ИД 2 пк-4, ИД 3 пк-4)	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	103,86	11,54	115,4
ПК-1 (ИД 1пк-1, ИД 2 пк-1, ИД 3 пк-1), ПК-2 (ИД 1пк-2, ИД 2 пк-2, ИД 3 пк-2)	Подготовка и выполнение лабораторных работ	Отчет письменный	1,08	0,12	1,2

ПК-2), ПК-4 (ИД 1ПК-4, ИД 2 ПК-4, ИД 3 ПК-4)					
ПК-1 (ИД 1ПК-1, ИД 2 ПК-1, ИД 3 ПК-1), ПК-2 (ИД 1ПК-2, ИД 2 ПК-2, ИД 3 ПК-2), ПК-4 (ИД 1ПК-4, ИД 2 ПК-4, ИД 3 ПК-4)	Выполнение контрольной работы	Контрольна я работа	9	1	10
Итого за 4 семестр			<b>114,3</b>	<b>12,7</b>	<b>127</b>
Итого			<b>114,3</b>	<b>12,7</b>	<b>127</b>

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

##### 4.1. Подготовка к лекциям. Самостоятельное изучение литературы

**Тема самостоятельного изучения.** Области применения систем искусственного интеллекта, их специфика.

1. Области применения систем искусственного интеллекта.
2. Знакомство с оболочкой экспертной системы.
3. Освоение механизмов внесения и изменения продукционных правил в оболочке.
4. Пример реализации экспертной системы в оболочке.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Что такое система искусственного интеллекта?
2. Какими чертами должна обладать система, чтобы называться интеллектуальной?
3. В каких областях используются системы искусственного интеллекта?

**Задание для самостоятельной работы.** Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №1 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки. Выберете предметную область, в которой вы хорошо разбираетесь и можете выступать в качестве эксперта. Данная предметная область послужит вам базой для разработки собственной экспертной системы.

**Тема самостоятельного изучения.** Системы продукции как средство формализации ЭС.

1. Понятие системы продукции.
2. Примеры реализации систем продукции.
3. Виды логического вывода в ЭС.
4. Пример построение дерева логического вывода.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Что такое продукция?
2. По какому принципу работает алгоритм продукции Поста?
3. Какие виды логического вида существуют?
4. Что такое дерево вывода в ЭС?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №2 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки. Постройте дерево вывода для выбранной вами предметной области, предварительно определив набор целевых и листьевых вершин.

**Тема самостоятельного изучения.** Архитектура ЭС. Основные этапы и технология разработки ЭС. Архитектура статической экспертной системы.

1. Отличие архитектуры динамической ЭС от статической.
2. Обсуждение дерева решений для создания ЭС. Выборочно представление результата выполнения задания для самостоятельной работы несколькими обучающимися.
3. Заслушивание и обсуждение устных докладов, связанных с темами занятий 1,2,3.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Понятие статической экспертной системы?
2. В чем заключается отличие динамической ЭС от статической?
3. Перечислите основные компоненты статической ЭС?
4. Каково назначение решателя и интерпретатора в ЭС?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №3 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки.

**Тема самостоятельного изучения.** Исчисления: отличия от алгоритмов, наиболее изученные исчисления.

1. Отличия исчислений от алгоритмов.
2. Основы исчисления предикатов.
3. Основы исчисления высказываний.
4. Разбор примера по созданию набора правил вывода на основе дерева решений.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. В чем заключается особенность использования математического аппарата исчислений?
2. Основные идеи исчислений предикатов?
3. Какие задачи рекомендуют решать с помощью аппарата исчисления высказываний?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №4 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки. На основе разработанного вами ранее дерева решений напишите набор правил вывода для вашей экспертной системы. Постарайтесь, чтобы правила были сложносоставными, т.е. в условной части использовалось более одного условия, а так же присутствовал часть «киначе». Набор правил вывода можно представить в электронном или распечатанном виде.

**Тема самостоятельного изучения..** Примеры реализации систем продукции.

Неформальная структура систем продукции.

1. Неформальная структура системы продукции.
2. Примеры реализации систем продукции.
3. Реализации разработанных правил вывода в оболочке экспертной системы.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Чем вызван неформальный характер структуры системы продукции?
2. Перечислите примеры реализации систем продукции?
3. Можно ли использовать в правилах вывода сложные условия?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №5 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки.

**Тема самостоятельного изучения.** Формальная модель систем продукции.

1. Основные компоненты формальной модели систем продукции.
2. Примеры использования формальной модели систем продукции.
3. Наполнение в оболочке экспертной системы оперативной базы данных фактами и проверка выполнимости разработанных ранее правил вывода.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Для чего предназначена формальная модель систем продукции?
2. Перечислите основные составляющие формальной модели систем продукции?
3. Что такое листьевая вершина в дереве решения?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №6 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки. Подготовьте пример прямого и обратного логического вывода на базе дерева решений. В качестве дерева решений возьмите ранее разработанную вами иерархическую структуру.

**Тема самостоятельного изучения.** Логические и эвристические модели представления знаний.

1. Основные логические модели представления знаний.
2. Основные эвристические модели представления знаний.
3. Заслушивание и обсуждение устных докладов, связанных с темами занятий 4-7.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Перечислите представителей логических моделей представления знаний?
2. Перечислите представителей эвристических моделей представления знаний?
3. Что такое фрейм и как он устроен?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №7 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки.

**Тема самостоятельного изучения.** Представление разработанной экспертной системы.

1. Представление обучающимися разработанных экспертных систем и их обсуждение всеми участниками занятия (преподаватель и студенты).
2. Подведение итогов практических занятий по всему учебному курсу.

*Вопросы для самоподготовки.*

1. Что вы почерпнули полезного из практической части учебного курса «представление знаний в ИС»?
2. Какие формы и модели представления знаний в информационных системах вы знаете?
3. В каких областях применяются интеллектуальные информационные системы, в частности, экспертные системы?

*Задание для самостоятельной работы.*

Ознакомьтесь и проведите анализ материала лекционного занятия №8 и соответствующей информации в рекомендуемой литературе. Подготовьте конспект ответов на вопросы для самоподготовки.

## **5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он продемонстрировал глубокие, исчерпывающие знания и творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала; логически последовательные, содержательные, полные, правильные и конкретные ответы на все поставленные вопросы и дополнительные вопросы преподавателя; свободное владение основной и дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном устраниении замечаний по отдельным вопросам; достаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердые знания и понимание основного программного материала; правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы при устраниении неточностей и несущественных ошибок в освещении отдельных положений при наводящих вопросах преподавателя; недостаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он продемонстрировал неправильные ответы на основные вопросы, допущены грубые ошибки в ответах, непонимание сущности излагаемых вопросов; неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.

## **6. Организация контроля знаний студентов**

Успешное освоение дисциплины основывается на систематической работе студентов. В процессе самостоятельной работы студенты в течение одного – двух дней прорабатывают материалы лекционных и лабораторных занятий по конспектам и рекомендованной основной литературе.

Конспекты дополняются материалами, полученными при проработке дополнительной литературы. При подготовке к письменной контрольной работе необходимо самостоятельно проработать задания из соответствующих глав рекомендуемой литературы.

Написание конспекта по темам самостоятельного изучения является одной из форм обучения студентов. Данная форма направлена на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов.

Конспект, как форма обучения студентов - это краткий обзор максимального количества доступных публикаций по заданной теме, подготовка самого реферативного обзора и презентации по нему. При проведении обзора должна проводиться и исследовательская работа, но объем ее ограничен, так как анализируется уже сделанные выводы и в связи с небольшим объемом данной формы работы. Преподавателю предоставляется сам конспект и презентация к нему. Сдача конспекта происходит в форме защиты-доклада с использованием подготовленной презентации.

При проверке конспектов дается анализ качества их ведения. Отмечаются допущенные ошибки, даются рекомендации по улучшению качества конспектирования изучаемого материала.

Тема и направленность контрольной работы представлена в методических рекомендациях. Контрольная работа составляется из типовых заданий, рассмотренных на занятиях. При выполнении контрольной работы студенты должны выполнить задания, показав при этом понимание теоретического материала и навыки решения практических задач. При выполнении контрольной работы студенты должны кроме основной и дополнительной рекомендованной литературы использовать и другие источники.

### **Формы контроля знаний студентов**

Контроль и оценка знаний, умений и навыков студентов осуществляется на лабораторных занятиях, консультациях, при сдаче зачета. В ходе контроля знаний преподаватель оценивает понимание студентом содержания дисциплины «Вычислительные системы».

Контроль знаний студентов может осуществляться в следующих формах:

- текущий контроль знаний;
- итоговый контроль знаний.

Текущий контроль знаний студентов имеет цель: дать оценку работы каждого студента по усвоению им учебного материала, выявить недостатки в его подготовке и оказать практическую помощь в их устраниении;

Основными формами текущего контроля знаний студентов являются:

- устный контрольный опрос;
- защита лабораторной работы;
- проверка конспектов лекций;
- проверка конспектов по темам, вынесенных на самостоятельное изучение.

Устный контрольный опрос студентов проводится на лекциях (и лабораторных занятиях). По его результатам преподаватель оценивает качество подготовки студента к занятию.

На лабораторных занятиях знания и практические навыки студентов оцениваются по 5-балльной системе.

### **Рекомендации по подготовке к экзамену**

Экзамен, как итоговый контроль знаний студентов имеет цель проверить и оценить учебную работу студентов, уровень полученных знаний и практических навыков.

Экзамен проводится после защиты всех лабораторных работ в объеме учебной программы.

### **Рекомендации по работе с литературой и источниками**

Изучение литературы и источников необходимо начинать с прочтения соответствующих глав учебных изданий, учебных пособий или литературы, рекомендованной в качестве основной или дополнительной по дисциплине «Вычислительные системы», которые прямо или косвенно относятся к изучаемой теме.

При изучении литературы и источников студенту рекомендуется вести краткий конспект. Однако не следует переписывать все содержание изучаемой темы, нужно выписывать лишь основные идеи и главные мысли. В отдельных случаях, когда встречаются важные определения,

понятия, необходимый фактический материал и примеры, статистическая информация, имеющие отношение к изучаемой теме, необходимо выписать их в виде цитат с полным указанием библиографических источников.

Конспектирование рекомендуемой литературы и источников необходимо вести с распределением собранных материалов по отдельным главам и параграфам согласно учебно-тематическому плану. Необходимо выписывать все выходные данные по используемой литературе и источникам.

Основой технологии интенсификации обучения являются учебно-иллюстрационные материалы (презентации) по дисциплине.

Работа с учебно-иллюстрационными материалами имеет следующие этапы.

1. Изучение теоретических основ учебного материала в аудитории: изложение преподавателем изучаемого материала студентам с объяснением;

2. Самостоятельная работа: индивидуальная работа студентов по конспекту;

3. Первое повторение - воспроизведение содержания заданной темы конспекта по памяти.

4. Устное проговаривание материала конспекта – необходимый этап внешне речевой деятельности при усвоении учебного материала.

5. Второе повторение – взаимоопрос и взаимопомощь студентов друг другу.

Применение учебно-иллюстрационных материалов позволяет обобщить сложный по содержанию материал, активизировать мыслительную деятельность студентов.

Необходимо помнить, что главное для студента в самостоятельной работе с рекомендуемой литературой и источниками - это формирование своего индивидуального стиля, который может стать основой в будущей профессиональной деятельности.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Рекомендуемая литература**

#### **Перечень основной литературы:**

1. Советов Б.Я. Представление знаний в информационных системах: учебник. - 2-е изд. - М.: Академия, 2012-144с.

2. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Серегин М.Ю., Дидрих В.Е., Мартемьянов Ю.Ф.

Представление знаний в информационных системах: учебное пособие- Томбов: Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ,2012-169с.

#### **Перечень дополнительной литературы:**

1. Фридман А.Я., Фридман О.В. Логические прикладные системы искусственного интеллекта. Учебное пособие. Апатиты: КФ ПетрГУ, 2004

2. Коробова И.Л., Артемов Г.В. Принятие решений в системах, основанных на знаниях: учебное пособие - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ,2012-81с.

3. Сосенская С.С. Представление знаний в информационной системе: учебная литература- М.: ТНТ, 2015-216с.

#### **Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:**

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Представление знаний в информационных системах»;
2. Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Представление знаний в информационных системах»;
3. Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Представление знаний в информационных системах».

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,  
необходимых для освоения дисциплины:**

1. <http://www.intuit.ru> – сайт дистанционного образования в области информационных технологий
2. <http://www.iqlib.ru> - интернет библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия;
3. <http://www.biblioclub.ru> - электронная библиотечная система «Университетская библиотека – online»: специализируется на учебных материалах для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а так же содержит материалы по точным и естественным наукам.
4. <http://www.iprbookshop.ru> – электронно-библиотечная система IPRbooks.