

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Проректор по НРИИ  
И.В. Меньшиков  
«28» февраля 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМ**

Направление подготовки аспирантов

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль (направленность)

05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Уровень высшего образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

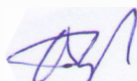
Очная

ИЖЕВСК 2017

Рабочая программа составлена в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным приказом Министерства образования и науки России от 19.11.2013 г. № 1259; с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.06.2014 г. № 875

Разработчик программы:

Бельтюков Анатолий Петрович



Степень, звание, должность: д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. теоретических основ информатики

Контактный телефон: (3412) 916-068

E-mail: belt.udsu@mail.ru

программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры теоретических основ информатики, протокол № 7 от 23.06.17

Заведующий кафедрой



Бельтюков А. П.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	....
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	....
3. Место дисциплины в структуре ОП	....
4. Объем дисциплины .....	....
5. Структурированное содержание дисциплины	....
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	....
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине .....	....
8. Перечень основной и дополнительной литературы необходимой для освоения дисциплины	....
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	....
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	....
11. Образовательные технологии. Информационные технологии.....	....
12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	....
13. Особенности организации образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья .....	....

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

Целью освоения дисциплины «Автоматическое доказательство теорем» является детальное освоение всего круга проблем, связанных с современными работами по компьютерному доказательству математических теорем и построением систем «искусственного интеллекта».

Задачи освоения дисциплины:

- понимание научно-технической значимости методов автоматического доказательства теорем и их роли в построении интеллектуальных информационных систем;
- знание математических, информационных, программистских и технических основ систем автоматического доказательства теорем;
- овладение основными подходами к автоматическому доказательству теорем: эрбрановским, резолюционным, обратным методом;
- овладение системой практических умений и навыков программирования основных алгоритмов автоматического доказательства теорем в различных предметных областях;
- приобретение личного опыта создания модельных фрагментов систем автоматического доказательства теорем.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

- теоретические основы автоматического доказательства теорем: используемые логические, математические и предметные языки, системы логического вывода, алгоритмы автоматического построения логического вывода, оценки сложности и разрешимости соответствующих массовых проблем;
- способы программирования систем автоматического доказательства теорем;
- языки программирования и иные технические средства, используемые при автоматическом доказательстве теорем;

*уметь:*

- разрабатывать алгоритмы автоматического доказательства теорем;

- использовать имеющиеся средства автоматического доказательства теорем;
- формулировать известные задачи информатики и математики в виде задач автоматического доказательства теорем;
- модифицировать известные логико-предметные теории, адаптируя их для переформулирования задач информатики и математики в виде задач автоматического доказательства теорем
- применять методы автоматического доказательства теорем для дедуктивного синтеза алгоритмов.

*владеть:*

- знаниями основ теорий автоматического доказательства теорем;
- системой практических умений и навыков построения и использования систем автоматического доказательства теорем;
- навыками техники программирования систем автоматического доказательства теорем и оценки результатов их работы;
- методикой решения задач путём сведения их к задачам автоматического доказательства теорем;
- методами тестирования систем автоматического доказательства теорем.

Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности для:

- решения практических задач доказательства и проверки утверждений в информационных системах и базах знаний;
- построения систем автоматического дедуктивного синтеза алгоритмов и программ;
- построения интеллектуальных систем.

Выпускник, освоивший программу, должен обладать общепрофессиональными компетенциями: ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-5; ОПК-6; ПК-1, а именно:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способностью объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях (ОПК-5);

-способностью представлять полученные результаты научно-исследовательской деятельности на высоком уровне и с учетом соблюдения авторских прав (ОПК-6);

- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук в соответствии с профилем 05.13.18– математическое моделирование, численные методы и комплексы программ(ПК-1).

### **3. Место дисциплины в структуре ОП**

«Автоматическое доказательство теорем» является дисциплиной вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы аспирантуры по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника в Удмуртском университете. Дисциплина адресована аспирантам первого года обучения.

Для успешного освоения дисциплины должны быть сформированы умения и навыки универсальных способов деятельности и ключевых компетенций, формируемых на этапе основного общего образования. В этом направлении приоритетными для учебной дисциплины «Автоматическое доказательство теорем» являются:

В познавательной деятельности:

- определение существенных характеристик изучаемого объекта;
- самостоятельное создание алгоритмов деятельности;
- формулирование полученных результатов.

В информационно-коммуникативной деятельности:

- поиск нужной информации по заданной теме;
- умение развернуто обосновывать суждения, давать определения, приводить доказательства;
- владение основными видами публичных выступлений, следование этическим нормам и правилам ведения диалога.

В рефлексивной деятельности:

- понимание ценности образования как средства развития культуры личности;
- объективное оценивание своих учебных достижений, поведения, черт своей личности;
- владение навыками организации и участия в коллективной деятельности.

Успешное освоение дисциплины позволяет перейти к изучению дисциплины алгоритмическая сложность вычислений в вариативной части ОП.

Программа дисциплины построена линейно-хронологически. В ней выделены разделы: теоретический, практический и контрольный.

#### 4. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет; 108 часов, из них 30 аудиторных (30 часов лекций), 77 часов самостоятельной работы и 1 час контроля.

#### 5. Структурированное содержание дисциплины

Виды учебной работы	Всего часов/ зачетных единиц	Год обучения			
		I	II	III	IV
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108 (3 зач. един.)	108	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	30 (1 з. е.)	30	-	-	-
Лабораторные занятия	-	-	-	-	-
Практические занятия	-	-			
Самостоятельная работа	77	77			
Вид промежуточной аттестации	Зачёт 1	Зачёт 1	-	-	-

### 5.1. Структура дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий

№	Название темы	Неделя семестра	Аудиторные часы			Самостоятельная работа	Формы контроля	Компетенции
			Лекции	Лабораторные	Практ.			
1	ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ТЕОРЕМ.	1	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
2	ЯЗЫК ЛОГИКИ ПРЕДИКАТОВ КАК ЯЗЫК ФОРМУЛИРОВАНИЯ ТЕОРЕМ.	2	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
3	МЕТОД ЭРБРАНА.	3	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
4	СЕМАНТИЧЕСКИЕ ДЕРЕВЬЯ	4	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
5	ТЕОРЕМА ЭРБРАНА.	5	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
6	МЕТОД РЕЗОЛЮЦИЙ ДЛЯ ЛОГИКИ ВЫСКАЗЫВАНИЙ.	6	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
7	МЕТОД ДЕВИСА И ПАТНЕМА.	7	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
8	ПОДСТАНОВКА И УНИФИКАЦИЯ.	8	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
9	МЕТОД РЕЗОЛЮЦИЙ ДЛЯ ЛОГИКИ 1-ГО ПОРЯДКА	9	2	-	-	4	Тест	Все формируемые
10	СТРАТЕГИИ МЕТОДА РЕЗОЛЮЦИЙ	10	2	-	-	4	Тест	Все формируемые



11	СТРАТЕГИЯ ВЫЧЁРКИВАНИЯ	11	2	-	-	4	Тест	Все формиру емые
12	СЕМАНТИЧЕСКАЯ РЕЗОЛЮЦИЯ	12	2	-	-	4	Тест	Все формиру
13	ГИПЕРРЕЗОЛЮЦИЯ И СТРАТЕГИЯ ПОДДЕРЖКИ	13	1	-	-	5	Тест	Все формиру емые
14	СЕМАНТИЧЕСКАЯ РЕЗОЛЮЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПОРЯДОЧЕННЫХ ДИЗЬЮНКТОВ	14	1	-	-	5	Тест	Все формиру емые
15	ЛИНЕЙНАЯ РЕЗОЛЮЦИЯ	15	1	-	-	5	Тест	Все формиру емые
16	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОЧНЫХ ФУНКЦИЙ	16	1	-	-	5	Тест	Все формиру емые
17	ГИПЕРПАРАМОДУЛЯЦИЯ	17	1	-	-	5	Тест	Все формиру емые
18	АНАЛИЗ ПРОГРАММ	18	1	-	-	5	Зачёт	Все формиру емые

Форма промежуточной аттестации – зачёт

## 5.2. Темы и их аннотации

### Раздел 1. Теоретический раздел

Теоретический раздел программы включает в себя необходимый минимум знаний в области автоматического доказательства теорем, математической логики, систем логического вывода. Формирует систему научно-практических знаний и отношение к проблематике автоматического доказательства теорем.

#### **Тема 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ТЕОРЕМ.**

Языки математической логики и математики, принципы использования. Аксиомы, правила вывода, теоремы. Теорема как цель. Теория доказуемости. Полнота, доказуемость недоказуемости. Сложность доказательства. Полные переборные задачи в теории доказательств. Неудачи при автоматическом

доказательстве теорем. Зависимость доказательств от типов логических систем. Доказательства от противного.

Преобразования логических систем, сохраняющие непротиворечивость. Понятие стратегии поиска вывода при доказательстве от противного.

## **Тема 2. ЯЗЫК ЛОГИКИ ПРЕДИКАТОВ КАК ЯЗЫК ФОРМУЛИРОВАНИЯ ТЕОРЕМ.**

Запись формул логики предикатов для человека. Логическая структура предметной области. Синтаксис языка логики предикатов. Формулы как данные. Формула как дерево, сложный список. Тип данных «формула». Тип данных «терм». Примеры способов записи формул и их представлений в компьютере.

## **Тема 3. МЕТОД ЭРБРАНА.**

Преобразования метаясуждений и формул.

Процедуры поиска опровержения.

Предваренная нормальная форма.

Эквивалентные преобразования, позволяющие строить нормальные формы:

- 1) элиминирование импликации и эквивалентности,
- 2) пренесение отрицаний вовнутрь,
- 3) вынесение кванторов наружу (с переобозначением переменных, если необходимо),
- 4) дистрибутивность дизъюнкции относительно конъюнкции.

Построение сколемовской (скулемовской) стандартной формы.

Элиминирование кванторов существования.

Преобразование, сохраняющее противоречивость:

- 5) сколемизация (скулемизация) - построение сколемовских (скулемовских) функций,
- построение множества дизъюнктов.

Определения

- 6) Атомы, литеры, дизъюнкты.

Эрбрановский универсум.

Эрбрановский базис.

Основные примеры дизъюнктов.

Задачи:

- 7) построение констант эрбрановского универсума (заданного уровня),
- 8) построение эрбрановского базиса (эрбрановского множества атомов заданного множества дизъюнктов (до заданного уровня),
- 9) построение основных примеров дизъюнктов (до заданного уровня),

Эрбрановская интерпретация (Н-интерпретация) (придание истинностных значений эрбрановскому базису).

Эрбрановская интерпретация, соответствующая заданной интерпретации.  
Произвольная интерпретация как гомоморфный образ эрбрановской.

Теорема об эквивалентности выполнимости множества дизъюнктов на произвольных и эрбрановских интерпретациях.

Необходимое и достаточное условие выполнения основного примера дизъюнкта

(в эрбрановской интерпретации)

(наличие одной и той же литеры в дизъюнкте и интерпретации)

Необходимое и достаточное условие выполнения дизъюнкта

(в эрбрановской интерпретации)

(выполнение каждого основного примера)

Необходимое и достаточное условие опровержения дизъюнкта

(эрбрановской интерпретацией)

(существование опровергающего основного примера)

Необходимое и достаточное условие невыполнимости множества дизъюнктов

(существование в каждой интерпретации опровергающего основного примера одного из дизъюнктов)

#### **Тема 4. СЕМАНТИЧЕСКИЕ ДЕРЕВЬЯ.**

Контрарные литеры, контрарные пары.

(дизъюнкт, содержащий контрарную пару - тавтология)

Определение семантического дерева

(дерево построения эрбрановских интерпретаций)

(1 узел может придать значения нескольким атомам)

Полное семантическое дерево

(каждый атом приобретает значение на любом пути)

Узлы семантического дерева как частичные интерпретации.

Опровергающий узел семантического дерева.

(опровергает некоторый основной пример дизъюнкта,

вышележащие узлы никакие основные примеры не опровергают)

Закрытое дерево

(каждая ветвь оканчивается опровергающим узлом).

Выводящий узел (все следующие - опровергающие).

Способы решения задач.

### **Тема 5. ТЕОРЕМА ЭРБРАНА.**

Необходимое и достаточное условие невыполнимости множества дизъюнктов.

Вариант 1. Любому полному семантическому дереву соответствует конечное закрытое(замкнутое) семантическое дерево. Можно доказать от противного.

Вариант 2. Существование конечного невыполнимого множества основных примеров дизъюнктов. Легко получается из закрытого дерева.

Обратно: из невыполнимости частного следует невыполнимость более сильного – общего.

Метод Гилмора (порождение всех основных примеров с мультипликативной проверкой).

Способы решения задач.

### **Тема 6. МЕТОД ДЕВИСА И ПАТНЕМА.**

Правила: тавтологии, однолитерных дизъюнктов, правило чистых литер, правило расщепления.

Можно доказать что эти правила сохраняют (не)выполнимость.

Способы решения задач.

### **Тема 7. МЕТОД РЕЗОЛЮЦИЙ ДЛЯ ЛОГИКИ ВЫСКАЗЫВАНИЙ.**

Правило резолюций. Резольвента.

Теорема логическом следовании резольвенты из исходных дизъюнктов.

Резолютивный вывод.

Резолютивное опровержение.

Полнота метода резолюций. Стратегии.

Способы решения задач.

### **Тема 8. ПОДСТАНОВКА И УНИФИКАЦИЯ.**

Определение подстановки.

Композиция подстановок.

Моноид подстановок.

Унификатор множества выражений.

Унифицируемость множества выражений.  
Наиболее общий унификатор.

Алгоритм унификации.  
Множество рассогласований множества выражений.  
Сходимость процесса унификации (конечное множество переменных).  
Теорема унификации (нахождение НОУ).  
Способы решения задач.

**Тема 9. МЕТОД РЕЗОЛЮЦИЙ ДЛЯ ЛОГИКИ 1 ПОРЯДКА.**  
Склейка однознаковых литер дизъюнкта.

Полнота метода резолюций

ЛЕММА "ПОДЪЁМА".  
Если  $C_1'$  и  $C_2'$  - примеры  $C_1$  и  $C_2$  соответственно  
и если  $C'$  - резольвента  $C_1'$  и  $C_2'$ ,  
то существует такая резольвента  $C$  из  $C_1$  и  $C_2$ ,  
что  $C'$  - пример  $C$ .

ТЕОРЕМА "О полноте метода резолюций".  
Множество  $S$  дизъюнктов невыполнимо тогда и только тогда,  
когда существует вывод пустого дизъюнкта из  $S$ .  
Способы решения задач.

**Тема 10. СТРАТЕГИИ МЕТОДА РЕЗОЛЮЦИЙ.**  
Виды стратегий. Стратегия насыщения уровня.  
Способы решения задач.

**Тема 11. СТРАТЕГИЯ ВЫЧЁРКИВАНИЯ.**  
Вычёркивание тавтологий и наддизъюнктов.

0\* Процедура метода "насыщения уровня".

Поддизъюнкты (наддизъюнкты<sup>-1</sup>) (определение):  
 $C$  - поддизъюнкт  $D \Leftrightarrow$  существует подстановка  $s$ :  
 $Cs$  - подмножество  $D$ .  
(Примечание:  $A^*(C) \Rightarrow A^*(D)$ ,  
 $A^*$  - универсальное замыкание)

1\* Стратегия вычёркивания - вычёркивание тавтологий и поглощаемых дизъюнктов.

а) Определение тавтологий (просто),

б) Алгоритм поглощения наддизъюнктов (резолютивная процедура с отрицанием претендента в наддизъюнкты).

Способы решения задач.

### **Тема 12. СЕМАНТИЧЕСКАЯ РЕЗОЛЮЦИЯ.**

Разбиение дизъюнктов интерпретацией.

Упорядочение литер.

Клаш-резолюция.

Полнота семантической резолюции. Способы решения задач.

### **Тема 13. ГИПЕРРЕЗОЛЮЦИЯ И СТРАТЕГИЯ ПОДДЕРЖКИ.**

Гиперрезолюция и стратегия поддержки – частные случаи семантической резолюции.

Стратегия поддержки, полнота резолюции с поддержкой.

Способы решения задач.

### **Тема 14. СЕМАНТИЧЕСКАЯ РЕЗОЛЮЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПОРЯДОЧЕННЫХ ДИЗЪЮНКТОВ.**

Упорядочение литер в дизъюнкте.

Выбрасывание ПОСЛЕДУЮЩИХ совпадающих литер при склейке.

Семантическая упорядоченная резолюция.

Упорядоченный клаш

(отрезание первых (в электроде) и последних (в ядре) литер).

Реализация семантической резолюции.

Лок-резолюция

Наследуемые индексы литер.

Отрезание литеры с наименьшим индексом.

Отождествление вниз (сохранение литер с наименьшим индексом).

Способы решения задач.

### **Тема 15. ЛИНЕЙНАЯ РЕЗОЛЮЦИЯ.**

Вывод - линейный - одна ветвь дерева (разрешается использовать кроме ЦЕНТРАЛЬНОГО ранее выведенные дизъюнкты).

Входная резолюция (один из дизъюнктов - входной), (неполна) единичная резолюция (один из дизъюнктов - одноэлементный или одноэлементная склейка). (неполна - эквивалентна входной).

Линейная резолюция, использующая упорядоченные дизъюнкты (в отличие от подобной семантической - полна) и информацию об отрезанных литерях ("обрамлённые литеры").

Редуцирование дизъюнктов [последняя литера унифицируема с отрицанием некоторой обрамлённой].

[Редукция - отбрасывание этой литеры] (отождествление влево также применяется).

OL-вывод (полнота линейной дизъюнкции).

Линейный вывод и поиск в дереве. Поиск в ширину. Поиск в глубину (по центральным дизъюнктам).

Модифицированный поиск в глубину (по парам "центральный-боковой").

Эвристика поиска в дереве.

Стратегия выбрасывания.

Стратегия предпочтения кратчайших (дизъюнктов).

Способы решения задач.

## **Тема 16. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОЧНЫХ ФУНКЦИЙ.**

$h^*(C, B)$  - минимальное число резолюций

(C - центральный, B - боковой дизъюнкты)

$h(C, B)$  - оценка. Например,

$h(C, B) = w[0] + w[1] * f[1](C, B) + \dots + w[n] * f[n](C, B)$

Минимизация по методу наименьших квадратов.

Оценки для оценочных функций.

Резолюция с равенством.

Свойства равенства.

Невыполнимость в специальных классах моделей:

Е-интерпретации,

Е-противоречивость.

Аксиомы равенства для заданного множества дизъюнктов

Теоремы об эквивалентности Е-противоречивости и противоречивости с аксиомами равенств.

Парамодуляция - правило вывода для равенства:

$(C \vee t=s) \ \& \ (D \vee L(t)) \Rightarrow (C \vee D \vee L(s))$

"парамодулянт".

Полнота сочетания резолюции и парамодуляции.

Способы решения задач.

## **Тема 17. ГИПЕРПАРАМОДУЛЯЦИЯ.**

Парамодулянт положительных дизъюнктов по наибольшим предикатным символам (= тоже участвует в упорядочении)

Входная и единичная парамодуляция.

Линейная парамодуляция.

Доказательства на теореме Эрбрана.

Процедура Правица.

Процедура V-резолюции.

Псевдосемантические деревья.

[Процедура порождения замкнутых псевдосемантических деревьев]

[Обобщение правила расщепления (Девиса-Патнема)]

Способы решения задач.

## **Тема 18. АНАЛИЗ ПРОГРАММ.**

Ассигнационно-кондиционно-термовые программы на основе графов  
(программы ассигнационно-операторного стиля с простыми  
переменными,  
одноуровневая вариативно-элементная вычислительная среда)

Вопросы: Закончит ли программа работу при данном входе?

(Манна - основная задача)

Если на заданном входе программа завершит работу, какой выход?

Задача о соответствии спецификациям.

Задача об эквивалентности.

Задача о специализации (упрощении в частных случаях).

Стоп-дизъюнкт (выводим  $\Leftrightarrow$  программа завершает работу).

Способы решения задач.

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине**

### **Структура СР**

*Виды СР:*

- подготовка реферата, доклада, выполнение домашних заданий.

*Формы СР:*

- СР без участия преподавателя.

### *Содержание СР*

Самостоятельная работа выполняется на компьютерах и состоит в создании модулей автоматического доказательства теорем в соответствии со следующей тематикой.

1. Гиперрезолюция в логике предикатов.
2. Стратегия поддержки.
3. Резолюция с упорядоченными дизъюнктами.

Выполненные работы оформляются как отчёты по лабораторным работам и сдаются на тестирование в соответствии с графиком тестирования. Все отчёты, как по выполнению самих заданий, так и по тестированию, публично защищаются.



### Структура СР

Код формируемой компетенции	Тема	Вид	Форма	Объем учебной работы (часов)	Учебно-методические материалы
Все формируемые	1	решение задач	КСР контроль самостоятельной работы	1	Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем М.: Наука, 1983. - 360 с.
Все формируемые	2	написание самостоятельной работы	КСР контроль самостоятельной работы	1	Нильсон (Nilsson N.J.) Искусственный интеллект. Методы поиска решений - М.: Мир, 1973
Все формируемые	3	решение задач	КСР контроль самостоятельной работы	1	<a href="http://www.evernote.com/pub/udsu/atp">http://www.evernote.com/pub/udsu/atp</a>

### График контроля СРС

Недели семестра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18
формы контроля						<i>рз</i>											<i>рз</i>

Условные обозначения: *кр* – контрольная работа, *к* – коллоквиум, *р* – реферат, *д* – доклад, *ди* – деловая игра, *рз* – решение задач, *кур* – курсовая работа.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется через использование *внутренней* балльно-рейтинговой системы.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачёта.

Оценочные средства по дисциплине описаны в ФОС.

В начале каждой лекции, кроме первой, производится экспресс-тестирование по материалам предыдущих лекций. На первой лекции производится входное тестирование. Разбор теста производится немедленно. Тестирование оценивается по 9-балльной шкале (1 балл – просто за попытку, 9 баллов – безошибочное выполнение). Оценка выставляется по формализованным критериям в зависимости от числа допущенных ошибок. Оценки суммируются за период до даты рубежного контроля и нормализуются в соответствии с требованиями, выдвигаемыми институтом. Тесты обновляются к каждой лекции и в последствии публикуются на интернет-странице курса.

Критерием успешности освоения учебного материала является оценка преподавателя, учитывающая регулярность посещения обязательных учебных занятий, знаний теоретического раздела программы и выполнение установленных на данный семестр тестов.

### **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся и итоговую аттестацию.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме рубежного контроля.

Оценочные средства по дисциплине:

- вопросы к зачёту,
- контроль посещаемости, включённый в результаты тестирования,
- компьютерное тестирование,
- тестирование созданных программ.

### **Вопросы к зачёту**

Процедуры поиска опровержения.

Предварённая нормальная форма.

Эквивалентные преобразования, позволяющие строить нормальные формы.

Элиминирование импликации и эквивалентности.

Пронесение отрицаний вовнутрь.

Вынесение кванторов наружу.

Дистрибутивность дизъюнкции относительно конъюнкции.

Построение сколемовской стандартной формы.

Элиминирование кванторов существования.

Построение сколемовских функций,

Построение множества дизъюнктов.

Атомы, литеры, дизъюнкты.

Эрбрановский универсум.

Эрбрановский базис.

Основные примеры дизъюнктов.

Эрбрановская интерпретация.

Эрбрановская интерпретация, соответствующая заданной интерпретации.

Произвольная интерпретация как гомоморфный образ эрбрановской.

Теорема об эквивалентности выполнимости множества дизъюнктов на произвольных и эрбрановских интерпретациях.

Необходимое и достаточное условие выполнения основного примера дизъюнкта.

Необходимое и достаточное условие выполнения дизъюнкта.

Необходимое и достаточное условие опровержения дизъюнкта.

Необходимое и достаточное условие невыполнимости множества дизъюнктов.

Семантические деревья.

Теорема Эрбрана.

Метод Гилмора

Метод Девиса и Патнема.

Метод резолюций Робинсона

Метод резолюций для логики высказываний.

Правило резолюций. Резольвента.

Резолютивный вывод. Резолютивное опровержение.

Полнота метода резолюций.

Подстановка и унификация.

Определение подстановки.

Композиция подстановок.

Моноид подстановок.

Унификатор множества выражений.

Унифицируемость множества выражений.

Наиболее общий унификатор.

Алгоритм унификации.

Стратегия вычёркивания.

Процедура метода "насыщения уровня".

Поддизъюнкты (наддизъюнкты).

Семантическая резолюция.  
Линейная резолюция.  
Разбиение дизъюнктов интерпретацией.  
Упорядочение литер.  
Клаш-резолюция.  
Полнота семантической резолюции.  
Гиперрезолюция.  
Стратегия поддержки.  
Частные случаи семантической резолюции.  
Стратегия поддержки, полнота резолюции с поддержкой.  
Семантическая упорядоченная резолюция.  
Упорядоченный клаш  
Реализация семантической резолюции.  
Лок-резолюция.  
Входная резолюция.  
Единичная резолюция.  
Линейная резолюция, использующая упорядоченные дизъюнкты  
и информацию об отрезанных литерах.  
Редуцирование дизъюнктов.  
OL-вывод.  
Линейный вывод и поиск в дереве.  
Использование эвристических оценочных функций  
Резолюция с равенством.  
Парамодуляция.  
Гиперпарамодуляция.  
Входная и единичная парамодуляция.  
Линейная парамодуляция.  
Доказательства на теореме Эрбрана.  
Процедура Правица.  
Процедура V-резолюции.  
Псевдосемантические деревья.  
Анализ программ.  
Дедуктивный поиск ответов на вопросы.

## **Примерная тематика самостоятельных работ**

1. "Элиминирование импликаций и эквивалентностей и взаимные замены логических связок"
2. "Пронесение отрицаний вовнутрь и сокращение формул за счёт локальных преобразований"
3. "Приведение формул к предварённой форме и её оптимизация"
4. "Приведение формул к конъюнктивной форме, её сокращение и оптимизация"
5. "Элиминация кванторов существования и построение сколемовских функций для данной модели"
6. "Выделение атомов, литер, дизъюнктов и построение эрбрановского универсума на заданную глубину"
7. "Построение множества основных примеров заданной глубины и проверка его выполнимости"

## **Примерное содержание тестов**

1. Входной тест. Записать в виде формул языка логики предикатов первого порядка следующие утверждения:
  - a) функция имеет глобальный максимум на области определения,
  - b) функция имеет только один глобальный максимум,
  - c) две данные функции совпадают в некоторых точках,
  - d) две данные функции совпадают только в одной точке.
2. Удалить заданные логические связки из заданных формул.
3. Пронести отрицания внутрь заданных формул.
4. Привести заданные формулы к конъюнктивной форме.
5. Привести заданные формулы к предварённой форме.
6. Элиминировать в заданных формулах кванторы существования.
7. Построить наиболее общий унификатор заданных термов.
8. Построить резольвенту двух заданных формул.

Для определения уровня сформированности компетенций предлагаются следующие критерии оценки (ответа)

## **Критерии оценки ответов на вопросы**

«зачтено» – ответ четкий, грамотный, логичный. Ответы полные, подкреплены примерами, показаны глубокие знания теории. Показана

способность использовать теоретические знания при решении практических задач.

«не зачтено» – ответы на вопросы не полные, имеются грубые ошибки, либо ответ отсутствует. На дополнительные вопросы нет ответов.

Основными технологиями оценки уровня сформированности компетенций являются:

- Портфолио – комплекс индивидуальных учебных достижений, который содержит результаты тестирования, исследовательскую работу, отчёты по работам, результаты рецензирования и тестирования работ;
- *Внутренняя* балльно-рейтинговая система оценки успеваемости.

Исправление неудовлетворительных оценок и ликвидация задолженностей по пропущенным лабораторным и лекционным занятиям на индивидуальных консультациях, ликвидация задолженностей пропущенных занятий по уважительной причине (болезни) в форме конспекта в лекционной тетради, посещения дополнительных занятий, другие формы устранения задолженностей.

Данные контрольно-оценочные технологии обеспечивают формирование знаний, умений и навыков в объеме изученного материала и в соответствии с требованиями компетенций, реализуемых в рамках изучения дисциплины по физической культуре и требованиями ФГОС по направлению подготовки.

## 9. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Основная литература

**Хоменко, И. В.**

Логика. Теория и практика аргументации [Электронный ресурс] : учеб. для вузов / И. В. Хоменко. - М. : Юрайт, 2011. - Электрон. дан. (43,9МБ). - Загл. с этикетки диска. - + Электрон. ресурс. - Гос. контракт № 3698 от 22.12.10 (Лок. сеть УдГУ : только чтение). Срок действия контракта - до 22.12.2015. - Режим доступа : <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/6177>. - ISBN 978-5-9916-1151-0 (Изд-во Юрайт). - 978-5-9692-1115-5 (ИД Юрайт).

**Хоменко, И. В.**

Логика. Теория и практика аргументации : учеб. для вузов / И. В. Хоменко. - Москва : Юрайт, 2010. - 314 с. ; 84х108/32. - (Основы наук). - Библиогр.: с. 305-314. - ISBN 978-5-9916-0237-2 (Юрайт). - 978-5-9692-0576-5 (ИД Юрайт).

**Осипов, Г. С.**

Методы искусственного интеллекта / Г. С. Осипов. - М. : Физматлит, 2011. - 295 с. : ил., табл. ; 60х90/16. - Библиогр.: с. 288-295. - ISBN 978-5-9221-1323-6.

**Финн, В. К.**

Искусственный интеллект: методология, применения, философия / В. К. Финн, Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. ; науч. ред. М. А. Михеенкова. - М. : URSS, 2011. - 447 с. ; 60х90/16. - Библиогр. в конце гл., с. 378-380. - ISBN 978-5-396-00374-3.

**Кириллов, В. И.**

Логика : учеб. [для юрид. вузов] / В. И. Кириллов, А. А. Старченко. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Проспект, 2011. - 233 с. : ил. ; 60х90/16. - Библиогр. : с. 228. - Предм. указ. : с. 229-232. - ISBN 978-5-392-01792-8.

**Кислов, А. Г.**

Логика высказываний: язык, алгебра, исчисления : учеб. пособие для бакалавриата по соц.-экон. и гуманитар. направлениям подготовки / А. Г. Кислов, Г. К. Ольховиков, С. Ю. Уколов, М-во образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2012. - 112, [2] с. ; 60х84/16. - Библиогр.: с. 114. - ISBN 978-5-7996-0773-9.

**Кириллов, В. И.**

Логика : учеб. для бакалавров / В. И. Кириллов, А. А. Старченко. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Проспект, 2015. - 233 с. : ил. ; 60х90/16. - Библиогр.: с. 228. - Предм. указ.: с. 229-232. - ISBN 978-5-392-18034-9.

**Гуц, А. К.**

Математическая логика и теория алгоритмов : учеб. пособие / А. К. Гуц. - Москва : ЛЕНАНД, 2016. - 128 с. - ISBN 978-5-9710-2629-7.

### Дополнительная литература

1. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем М.: Наука, 1983. - 360 с.

2. Нильсон (Nilsson N.J.) Искусственный интеллект. Методы поиска решений - М.: Мир, 1973.

3. Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. Введение в математическую логику.

4. Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. Математическая логика. Дополнительные главы.

5. Кангер С. Упрощенный метод доказательства для элементарной логики. В книге: Математическая теория логического вывода. - М.: Наука, 1967. С. 200-207.

6. Бет Э. Метод семантических таблиц. В книге: Математическая теория логического вывода. - М.: Наука, 1967. С. 191-199.

7. Маслов С.Ю. Обратный метод установления выводимости для логических исчислений. // Труды Матем. ин-та АН СССР им. В.А. Стеклова. Том 98. М.: Наука, 1968. С. 26-87.

8. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.

### **Литература для самостоятельного изучения**

1. Лайтстоун (Lightstone A.H.) The axiomatic method, an introduction to mathematical logic.- Englewood Cliffs (N.J.): Prentice-Hall, 1964

2. Пфайфер (Pfeiffer P.E.) Sets, events and switching - N.Y.: McGraw-Hill, 1964.

3. Hahnle R. Tableaux and Related Methods. In: Handbook of Automated Reasoning. Volume I. Editors Robinson A., Voronkov A. Elsevier Science, 2001.

### **Периодические издания**

1. Журнал «Программирование»

### **Интернет-ресурс курса**

<https://www.evernote.com/pub/udsu/atp>

### **Дополнительно (архив)**

1. <https://www.evernote.com/pub/udsu/atpe>

2. <https://www.evernote.com/pub/udsu/atpf>

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

**10.**

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

<http://e.lanbook.com/>

<http://iprbookshop.ru/>

### **Дополнительные Интернет-ресурсы**

3. <http://coq.inria.fr/>



4. <http://www.cs.chalmers.se/~reiner/papers/03.ps.gz>
5. <http://www.edu.ru>
6. <https://cloud.mail.ru/public/F5Wn/AMcrxQ1ZZ>
7. <https://www.google.ru/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=automated%20theorem%20proving>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Лекция является важнейшей формой организации учебного процесса. Она знакомит с новым учебным материалом, разъясняет учебные элементы, трудные для понимания, систематизирует учебный материал, ориентирует в учебном процессе. Для того чтобы лекция была продуктивной, к ней надо готовиться. Подготовка к лекции заключается в следующем:

- ☐ узнайте тему лекции (по тематическому плану, по информации лектора),
- ☐ прочитайте учебный материал по учебнику и учебным пособиям,
- ☐ уясните место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке,
- ☐ выпишите основные термины,
- ☐ ответьте на контрольные вопросы по теме лекции,
- ☐ уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными,
- ☐ запишите вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

1. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только после правильного понимания предыдущего, проделывая на бумаге все вычисления (в том числе и те, которые по их простоте пропущены в первоисточнике). При наличии в учебнике пропусков «тривиальных вычислений» две пропущенные тривиальности могут в совокупности образовать непреодолимое препятствие в изучении математической дисциплины.

2. Особое внимание следует обращать на определение основных понятий курса, которые отражают количественную сторону или пространственные свойства реальных объектов и процессов и возникают в результате абстракции из этих свойств и процессов. Без этого невозможно успешное изучение математики. Следует подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно.

3. Необходимо понимать, что каждая теорема состоит из предположений и утверждения. Все предположения должны обязательно использоваться в доказательстве. Нужно добиваться точного представления о том, в каком месте доказательства использовано каждое предположение теоремы. Полезно составлять схемы доказательств сложных теорем.

Правильному пониманию многих теорем помогает разбор примеров математических объектов, обладающих и не обладающих свойствами, указанными в предположениях и утверждениях теорем.

4. При изучении материала рекомендуется выписывать определения, формулировки теорем, формулы и уравнения на отдельные листы. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется подчеркивать или обводить рамкой, чтобы при пересчитывании они выделялись и лучше запоминались.

## **11. Образовательные технологии. Информационные технологии**

При проведении занятий и организации самостоятельной работы используются традиционные технологии сообщающего обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу:

- лекции,
- выдача самостоятельное выполнение работ.

Использование традиционных технологий обеспечивает формирование базовых знаний, умений и навыков.

В процессе изучения теоретических разделов курса используются новые образовательные технологии обучения:

- Неимитационные неигровые технологии:
  - метод проектов (мини-проекты),
  - кейс-метод.
- Имитационные игровые технологии – метод «Дебаты», деловые игры.
- Информационно-коммуникативные технологии:
  - Интернет-технологии;
  - Технология проблемного обучения;
  - Компьютерное тестирование;
  - Мультимедийные технологии;
  - Технология дистанционного обучения.

Чтение всех лекций происходит с использованием технологий реальной и виртуальной электронной интерактивной доски. Все образы электронной доски сохраняются на интернет-странице курса, включая ответы на возникающие вопросы. Материалы электронной доски доступны за все прошлые годы чтения курса.

При проведении лабораторных занятий используется технология личностно-ориентированного обучения.

Данные технологии обеспечивают организационную культуру, ролевую и функциональную готовность к управленческой деятельности, способность к распознаванию и пониманию проблем и творческому поиску их рационального решения, навыки самообразования. Способствуют формированию компетенций, предусмотренных ФГОС по направлению, соответствующих современным требованиям.

**Перечень программного обеспечения: системы программирования на языках HTML5, JavaScript.**

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Имеются в наличии мультимедиа-проектор, экран, интерактивная доска, компьютерный класс для выполнения работ по программированию.

## **13. Особенности организации образовательного процесса по дисциплине (модулю) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Реализация дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Для адаптации программы освоения дисциплины используются следующие методы:

- для лиц с нарушениями слуха используются методы визуализации информации (презентации, использование компьютера для передачи текстовой информации, интерактивная доска, участие сурдолога и др.)

- для лиц с нарушениями зрения используются такие методы, как увеличение текста и картинки (в программах Windows), программы-синтезаторы речи, в том числе в ЭБС, звукозаписывающие устройства (диктофоны), компьютеры с соответствующим программно-аппаратным обеспечением и портативные компьютеризированные устройства.

Для маломобильных групп населения имеется необходимое материально-техническое обеспечение (пандусы, оборудованные санитарные комнаты, кнопки вызова персонала, оборудованные аудитории для лекционных и практических занятий), возможно применение ассистивных технологий и средств.

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.), при необходимости выделяется дополнительное время на подготовку и предоставляются необходимые технические средства.