МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
«Информационные технологии»
_____________/Д.Г.Демидов/
«16» мая 2022

Рабочая программа дисциплины

«Математическая логика и теория алгоритмов в практике программирования»

Направление подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль
«Системная и программная инженерия»

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2022 г.

Разработчик(и):

степень, звание, должность к.ф-м.н.доцент доцент / А.А. Набебин /

Согласовано:

Руководитель образовательной программы /А.Ю.Гневшев/

Заведующий кафедрой «Инфокогнитивные технологии»,

к.т.н., доцент / Е.А. Пухова /

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины относится:

- формирование понимания студентами ключевых положений математической логики и теории алгоритмов, необходимых для практического использования на последующих этапах обучения и в профессиональной сфере деятельности будущего специалиста;
- изучение основ математической логики и теории алгоритмов и основных концепций, которые позволяют студентам получить базовое представление об эффективных способах решения логических и алгоритмических задач;
- формирование у студентов компетенций, связанных с базовыми понятиями, которые составляют основу математической логики и теории алгоритмов, и позволяют сделать процесс решения алгоритмических и логических задач более легким и эффективным;
- формирование у студентов навыков логического и алгоритмического мышления при реализации решения поставленной задачи;
- закрепление получаемых в семестре знаний и навыков на практике;
- формирование взаимосвязей, получаемых в семестре знаний и навыков с изученными ранее и изучаемых параллельно с данной дисциплиной;
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра.

К **основным задачам** дисциплины относятся:

- овладение навыками и приемами решения задач алгебры логики, логики предикатов, формальных логических порождающих аксиоматических систем, как теоретического фундамента (базиса), на котором строятся логические языки программирования Пролог, OBJ3, CafeOBJ, логические базы данных, а также как инструменты расчета некоторых узлов компьютеров;
- овладение навыками и приемами решения задач теории числовых и словарных алгоритмов, теории функциональных порождающих систем, являющихся теоретическим фундаментом (базисом), на котором строятся функциональные языки программирования Питон, Маткад, F-шарп, Лисп и др;
- изучение и освоение теоретического материала, как в процессе контактной, так и в ходе самостоятельной работы;
- выполнение предоставленных практических заданий различных форм, как в процессе контактной, так и в ходе самостоятельной работы;
- самостоятельная работа над тематикой дисциплины для формирования компетенций основной профессиональной образовательной программы (далее, ОПОП).

Обучение по дисциплине «Математическая логика и теория алгоритмов в практике программирования» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Знает основы высшей математики, методы и модели, применяемые в различных областях; основы математического моделирования, принципы построения математических моделей, алгоритмы решения задач оптимизации; ИОПК-1.2. Умеет применять методы дискретной математики, системного анализа, математического моделирования для исследования и разработки профессиональных задач и процессов; применять математическое обеспечение при моделировании прикладных и информационных процессов. ИОПК-1.3. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, составления математических моделей и решения задач линейного и нелинейного программирования, а также задач оптимизации работы с методами дискретной математики, используемыми при проектировании и разработке информационных систем.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическая логика и теория алгоритмов в практике программирования» относится к числу учебных обязательных дисциплин основной профессиональной образовательной программы.

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ОПОП:

- Дискретные структуры и компьютинг;
- Линейная алгебра
- Математический анализ;
- Математические методы анализа данных.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, т.е. 144 академических часов (из них 90 часов – самостоятельная работа студентов, 36 часов – лабораторные работы и 18 часов – лекции).

Разделы дисциплины изучаются в первом семестре, т.е. на первом курсе. Форма промежуточной аттестации - экзамен.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость (по очной форме обучения)

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			1	
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия			
1.3	Лабораторные занятия	36	36	
2	**Самостоятельная работа**			

	В том числе:			
2.1	Домашние контрольные работы (ДКР)	90	90	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Экзамен			
	Итого:	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины (по очной форме обучения)

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Логика философская. Логика формальная. Логика математическая. Функции алгебры логики (фал) или булевы функции. Число всех бинарных наборов длины *n* Число всех *n*-местных функций алгебры логики. Таблицы значений для конъюнкции, дизъюнкции, импликации, сложения по модулю 2, эквивалентности, штриха Шеффера, стрелки Пирса. Определение функционально замкнутого класса фал. Определение формулы над множеством функций *F*. Основные булевы равенства формул. Правило подстановки. Определение булевой алгебры. Примеры булевых алгебр. Определение решетки. Равносильные преобразования формул.	8	1		2		5
2	Нормальные формы Лемма Шеннона о разложении функции. Совершенные нормальные формы СДНФ и СКНФ. Минимизация нормальных форм.	8	1		2		5
3	Функции двойственные, линейные, монотонные, сохраняющие константу. Двойственные функции.	8	1		2		5

	Принцип двойственности. Линейные функции. Монотонные функции. Функции, сохраняющие константу. Теорема Поста о функциональной полноте. *k*-значные логики.						
4	Логика предикатов (ЛП). Формулы в ЛП. Выполнимость, невыполнимость, общезначимость (тавтологичность), невыполнимость формул. Интерпретация формул из ЛП. Равносильные преобразования формул в ЛП.	8	1		2		5
5	Префиксная нормальная форма в ЛП. Стандартная форма Сколема. Проблема разрешимости в ЛП.	8	1		2		5
6	Формально аксиоматическое исчисление предикатов (ИП). Аксиоматика, правила вывода в ИП. Доказательство и доказуемые формулы. Производные правила вывода. Семантическая полнота ИП. Синтаксическая неполнота ИП.	8	1		2		5
7	Аксиоматическая арифметика. Аксиоматика Пеано для арифметики. Аксиомы равенства, аксиомы Бернайса, аксиомы Пеано. Теоремы Геделя об аксиоматической арифметике.	8	1		2		5
8	Логический язык программирования Пролог. Типы данных в Прологе. Унификация в Прологе Пролог программы. Вычисления в Прологе.	8	1		2		5
9	Теория алгоритмов как функциональная порождающая система. Основные черты алгоритма. Суперпозиция, примитивная рекурсия, минимизация. Примитивно рекурсивная функция (ПРФ). Функции, представимые термами. Примитивная рекурсивность относительно совокупности функций.	8	1		2		5
10	Примитивно рекурсивные предикаты (ПРП). Ограниченные кванторы Конечные сумма и произведение.	8	1		2		5

	Примитивно рекурсивные предикаты (ПРП). Ограниченный оператор минимизации.						
11	Частично рекурсивная функция (ЧРФ). Подстановка функций в предикат. Кусочное задание функции. Примитивная рекурсивность некоторых функций и предикатов. Частично рекурсивная функция (ЧРФ). Тезис Черча. Примитивно рекурсивные предикаты (ПРП). Ограниченный оператор минимизации.	8	1		2		5
12	Машина Тьюринга (МТ). Синтез машин Тьюринга. Вычисления на МТ. Композиция МТ. Ветвление МТ. Зацикливание МТ.	8	1		2		5
13	Машины Тьюринга в однобуквенном (унарном) алфавите. Вычисление на МТ суперпозиции, примитивной рекурсии, минимизации. Вычисление ЧРФ на МТ. Частичная рекурсивность вычислимых на МТ функций. Эквивалентность вычислительных возможностей ЧРФ и МТ. Форма Клини представления ЧРФ	8	1		2		5
14	Универсальная ЧРФ. Построение универсальной ЧРФ. Форма Клини для универсальной ЧРФ. Алгоритмически неразрешимые проблемы. Теорема Клини о неподвижной точке и теорема Райса.	8	1		2		5
15	Варианты алгоритмов. Ассоциативные исчисления. Системы подстановок. Грамматики. Продукции Поста. Нормальные алгоритмы Маркова.	8	1		2		5
16	Ограниченные машины Тьюринга – конечные автоматы (КА). Конечно автоматные грамматики (КА-грамматики). Регулярная грамматика. Алгебры Клини. КА, КА-грамматики, регулярные	8	1		2		5

	грамматики, алгебры Клини как лексические анализаторы компилятора.						
17	КА со стеком (стековый автомат или автомат с магазинной памятью), контекстно свободная грамматика (КС-грамматика) как синтаксический анализатор компилятора. Лексический и синтаксический анализаторы это 80% компилятора, в просторечии называемом универсальным алгоритмическим языком программирования.	8	1		2		5
18	Обзорная лекция	8	1		2		5
Итого		**144**	**18**		**36**		**90**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Функции алгебры логики (булевы функции).

1 Логика философская. Логика формальная. Логика математическая.
2. Функции алгебры логики (фал), или булевы функции.
3. Формулы. Равносильные преобразования формул.
4. Число всех бинарных наборов длины *n*
5. Определение функции алгебры логики.
6. Число всех *n*-местных функций алгебры логики.
7. Определение формулы над множеством функций *F*.
8. Написать таблицы для конъюнкции, дизъюнкции, импликации, сложения по модулю 2, эквивалентности, штриха Шеффера, стрелки Пирса.
9. Определение функционально замкнутого класса фал.
10. Правило подстановки.
11. Решетка и дистрибутивная решетка.

Раздел 2. **Нормальные формы функций алгебры логики**.

1. Определение элементарных конъюнкции (конъюнкт) и дизъюнкции (дизъюнкт), ДНФ и КНФ.
2. Лемма Шеннона о разложении функции.
3. Теорема об СДНФ.
4. Теорема об СКНФ.
5. Определение минимальной ДНФ для фал.
6. Определение импликанта и простого импликанта для фал.
7. Сокращенная ДНФ для фал.
8. Теорема Куайна о сокращенной ДНФ для фал.
9. Тупиковая ДНФ для фал.

Раздел 3. **Функции двойственные, линейные, монотонные, сохраняющие константу. Теорема Поста о функциональной полноте**.

1. Определение двойственной и самодвойственной функции.
2. Сформулировать теорему о суперпозиции двойственных функций.
3. Сформулировать теорему о замкнутости класса *S* самодвойственных функций

относительно суперпозиции.
4. Сформулировать критерий самодвойственности.
5. Сформулировать лемму о несамодвойственной функции.
6. Написать полином Жегалкина. Сформулировать теорему Жегалкина.
7. Определение линейной функции. Сформулировать теорему о замкнутости класса L линейных функций относительно суперпозиции.
8. Лемма о нелинейной функции.
9. Определение функции, сохраняющей константу a. Сформулировать теорему о замкнутости класса T_a сохраняющих константу a функций относительно суперпозиции.
10. Монотонная функция. Теорема о замкнутости класса M монотонных функций относительно суперпозиции.
11. Лемма о немонотонной функции.
12. Критерий монотонности для фал.
13. Теорема Поста о функциональной полноте.
14. Определение предполного класса фал. Перечислить предполные классы.
15. Теорема Поста в терминах предполных классов.
16. Основные функции k-значной логики.

Раздел 4. Логика предикатов (ЛП).
1. Алфавит, термы, формулы, подформулы в ЛП.
2. Интерпретация формулы из ЛП.
3. Выполнимость формулы из ЛП.
4. Опровержимости формулы из ЛП.
5. Общезначимость (тавтологичность) формулы из ЛП.
6. Невыполнимости формулы из ЛП.
7. Равносильность (эквивалентность, равенство) формул из ЛП.
8. Сформулировать 18 основных эквивалентностей формул из ЛП.
9. Релятивизованные кванторы.

Раздел 5. **Нормальная и стандартная формы формул в ЛП. Проблема разрешимости в ЛП**.
1. Префиксная нормальна форма для формул в ЛП.
2. Стандартная форма Сколема.
3. Теорема Черча об алгоритмической неразрешимости формул из ЛП.
4. Теорема о разрешимости $\exists$-формул в ЛП.
5. Теорема о разрешимости $\forall$-формул в ЛП.
6. Теорема о разрешимости монадических формул (формул с только лишь одноместными предикатами) в ЛП.

Раздел 6. **Формально аксиоматическое исчисление предикатов (ИП)**
1. Схемы аксиом для ИП.
2. Аксиомы равенства для ИП.
3. Аксиомы Бернайса для ИП..
4. Правило заключения, $\forall$-правило, $\exists$-правило для ИП.
5. Определение доказательства и доказуемой формулы в ИП.
6. Теорема дедукции в ИП.
7. Теорема о непротиворечивости ИП.

8. Теорема Геделя о семантической полноте ИП.
9. О синтаксической неполноте ИП

Раздел 7. Аксиоматическая арифметика и понятие о теоремах Геделя.

1. Символы, термы, формулы арифметики.
2. Логические схемы арифметических аксиом.
3. Аксиомы равенства для аксиоматической арифметики Пеано.
4. Аксиомы Бернайса для арифметики Пеано.
5. Правило заключения, $\forall$-правило, $\exists$-правило для арифметики Пеано.
6. Арифметические аксиомы Пеано
7. Теорема Геделя об алгоритмической неразрешимости формул арифметики.
8. Теорема Геделя о семантической неполноте арифметики.
9. Теорема Геделя о наследственной семантической неполноте арифметики.
10. Теорема Геделя о невозможности доказать непротиворечивость арифметики внутри самой арифметики.

Раздел 8. **Логический язык программирования Пролог**.

1. Алфавит Пролога.
2. Задание целых чисел.
3. Задание вещественных чисел.
4. Стринги.

5 Переменные.

6. Термы
7. Списки. Голова и хвост списка.
8. Конструктор.
9. Факт, предикатная структура, предложение (правило, клауза).
10. Пролог-программа.
11. Вычисления в Прологе.

Раздел 9. **Теория алгоритмов как функциональная порождающая система. Основные черты алгоритма**.

1. Арифметические функции.
2. Определение подстановки.
3. Определение примитивной рекурсии.
3. Исходные функции (примитивы).
4. Определение примитивно рекурсивного описания (ПРО).
5. Определение примитивно рекурсивной функции (ПРФ).
6. ПРО для сложения и умножения.
7. ПРО и ПРФ относительно совокупности функций.
8. Теорема о функции, представимой термом.

Раздел 10. **Примитивно рекурсивные предикаты (ПРП). Ограниченные кванторы**.

1. Определение конечной суммы. Теорема о конечной сумме.
2. Определение конечного произведения. Теорема о конечном произведении.
3. Определение характеристической и представляющей функций для предиката.
4. Определение ПРП.
5. Определение ПРП относительно совокупности функций и предикатов.
6. Теорема о примитивной рекурсивности конъюнкции, дизъюнкции, импликации,

отрицания предикатов.

7. Определение ограниченных кванторов существования и общности. Теорема об ограниченных кванторах.
8. Определение ограниченного оператора минимизации.
9. Теорема об ограниченном операторе мю.

Раздел 11. **Частично рекурсивная функция (ЧРФ). Тезис Черча**.

1. Определение и теорема о подстановке функций в предикат.
2. Теорема о замкнутости класса ПРП относительно подстановки ПРФ в ПРП.
3. Теорема о кусочном задании функции.
4. Примитивная рекурсивность функций и предикатов $sg(x)$, $x \dot{-} y$, $|x - y|$, $x \neq y$; $x \leq y$; $x < y$; $x \geq y$; $x > y$, $x!$, x^y, $[x/y]$, $rest(x,y)$, $x = y$; $\neg(x = y)$; $\neg(x \leq y)$; $\neg(x < y)$; $\neg(x \geq y)$; $\neg(x > y)$.
5. Примитивная рекурсивность функций и предикатов $Div(x,y)$, $Even(x)$, $Odd(x)$, $Pr(x)$, $p(x)$, $exp(i,x)$.
6. Определение частично рекурсивного описания (ЧРО) и частично рекурсивной Функции (ЧРФ).
7. Сформулировать тезис Черча.

Раздел 12. **Машина Тьюринга (МТ). Синтез машин Тьюринга**.

1. Определение детерминированной машины Тьюринга (ДМТ).
2. Определение ситуации для МТ.
3. Определение начальной и заключительной ситуации.
3. Определение вычисления на МТ.
4. Определение композиции машин Тьюринга.
5. Определение ветвления машин Тьюринга.
6. Определение Зацикливания машин Тьюринга.

Раздел 13. **Машины Тьюринга в однобуквенном (унарном) алфавите**.

1. Машины A, B, C, D.
2. Машины L, L^k ,R, R^k ,P, V, L, L^k .,R, R^k ,P, V, T_m ,T_m^k ,K_m ,S.
3. Теорема о замкнутости класса правильно вычислимых функций (ПВФ) относительно суперпозиции.
4. Теорема о замкнутости класса ПВФ относительно примитивной рекурсии.
5. Теорема о замкнутости класса ПВФ относительно операции минимизации.
6. Теорема о правильной вычислимости некоторой машиной Тьюринга всякой ЧРФ.
7. Теорема о частичной рекурсивности всякой правильно вычислимой на МТ функции.
8. Форма Клини представления ЧРФ.

Раздел 14. **Универсальная ЧРФ**.

1. Определение универсальной функции.
2. Универсальная ЧРФ в форме Клини.
3. Теорема о несуществовании универсальной ОРФ для всех ОРФ.
4. Теорема о существовании универсальной ОРФ для всех ПРФ.
4. Теорема о несуществовании универсальной ПРФ для всех ПРФ.
5. Теорема об алгоритмической неразрешимости проблемы самоприменимости машин Тьюринга.

6. Теорема Клини о неподвижной точке.
7. Теорему Райса об алгоритмической нераспознаваемости свойств ЧРФ.

Раздел 15. **Варианты алгоритмов**.
1. Определение ассоциативного исчисления.
2. Определение системы подстановок (полусистем Туэ).
3. Определение грамматики.
4. Определение продукций Поста и теорема Поста о неразрешимости проблемы сочетаемости Поста.
5. Нормальные алгоритмы Маркова и теорема Маркова о неразрешимости проблемы представимости матриц.

Раздел 16. **Ограниченные машины Тьюринга – конечные автоматы (КА)**.
1. Определение конечного автомата (АК).
2. Автоматная представимость словарных множеств.
3. Булевы операции над словарными множествами и их представимость конечными автоматами.
4. Конечно автоматные грамматики (КА-грамматики).
5. Регулярная грамматика.
6. Алгебры Клини.
7. КА, КА-грамматики, регулярные грамматики, алгебры Клини как лексические анализаторы компилятора.

Раздел 17. **Ограниченные машины Тьюринга – стековые автоматы**.
1. Определение стекового автомата.
2. Представимость словарных множеств стековыми автоматами.
3. Определение КС грамматики.
4. Представимость словарных множеств КС-грамматиками.
5. Функциональные порождающие системы как базис (фундамент), на котором строятся функциональные языки программирования (Питон, Маткад, ЛИСП, F-шарп и др).

Раздел 18. **Стековые автоматы**.
1. КА со стеком (стековый автомат или автомат с магазинной памятью).
2. Контекстно свободная грамматика (КС-грамматика)
3. Стековый автомат, КС-грамматика как синтаксические анализаторы компилятора.
4. Лексический и синтаксический анализаторы это 80% компилятора, в просторечии называемом универсальным алгоритмическим языком программирования.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями);

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденный Приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. N 929 "Об утверждении федерального… Редакция с изменениями N 1456 от 26.11.2020

4.2 Основная литература

1. Набебин А.А., Кораблин Ю.П. Математическая логика и теория алгоритмов. М.: Научный мир, 2008. – 282 с.
2. Набебин А.А. Дискретная математика. М.: Научный мир, 2010. 509с.
3. Набебин А.А. Сборник заданий по дискретной математике. М.: Научный мир, 2009. 280с.
4. Авдошин С. М., Набебин А. А. Дискретная математика. Модулярная алгебра, криптография, кодирование. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 352 с.
5. Авдошин С. М., Набебин А. А. Дискретная математика. Формальнологические системы и языки. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 352 с.
6. Авдошин С. М., Набебин А. А. Дискретная математика. Алгоритмы: теория и практика. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 282 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Новиков П.С. Элементы математической логики. М.: Наука, 1973.
2. Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. Математическая логика. Введение в математическую логику. Едиториал УРСС, 2013. – 240 с.
3. Гринченков Д.В., Потоцкий С.И. Математическая логика и теория алгоритмов для программистов. М.: КноРус, 2012. – 206 с.
4. Гуц А.К. Математическая логика и теория алгоритмов. М.: Либерком, 2009. – 120 с.
5. Клини С.К. Введение в метаматематику. М.: Либроком, 2008. – 526 с.
6. Клини С.К. Математическая логика. М.: ЛКИ, 2008. – 482 с.
7. Лавров И.А. Математическая логика. М.: Академия, 2006. – 240 с.
8. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. М.: Физматлит, 2004. – 256 с.
9. Локшин А.А., Сагомонян Е.А. Логика и множества. М.: Вузовская книга, 2002. – 64 с.
10. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. М.: Либроком, 2010. – 161 с.
11. Непейвода Н.Н. Прикладная логика. Новосибирск, НГУ, 2000. - 494 с.
12. Черч А. Введение в математическую логику. Том 1. М.: Либроком, 2009. – 482 с.
13. Ершов Ю.Л., Палютин Е.А. Математическая логика. М.: Физматлит, 2011. – 356 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Курс ЭОР Математическая логика и теория алгоритмов в программировании https://lms.mospolytech.ru/course/view.php?id=5575
2.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. OS Linux mint.
2. Apache OpenOffice.
3. Веб-браузеры, Chrome, Firefox.
4. Gimp.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Федеральная государственная информационная система - Национальная электронная библиотека (НЭБ) https://нэб.рф

5 Материально-техническое обеспечение

Лекционные занятия проводятся в онлайн режиме.
Лабораторные работы проводятся в компьютерных классах.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

1. При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы – теоретические сведения, задачи и др. При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия.

2. При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения заданий, но и оптимальность выбранных методов решения, правильность выполнения всех его шагов.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи учебным планом. Основой теоретической подготовки студентов являются *аудиторные занятия, лекции, практические занятия (семинары)*.

В процессе самостоятельной работы студенты закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты и записи, готовятся к промежуточной аттестации, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

На занятиях студентов, в том числе предполагающих практическую деятельность, осуществляется закрепление полученных, в том числе и в процессе самостоятельной работы, знаний. Особое внимание обращается на развитие умений и навыков установления связи положений теории с профессиональной деятельностью будущего специалиста.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально. Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента;
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный).

Текущий контроль осуществляется на аудиторных занятиях, промежуточный контроль осуществляется на экзамене в письменной (устной) форме.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;

- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность компетенций;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- выполнение контрольных работ, экзамен.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач				
ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие материалу дисциплины знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины. Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

		новые ситуации.		
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности				
ИОПК-1.1. Знает основы высшей математики, методы и модели, применяемые в различных областях; основы математического моделирования, принципы построения математических моделей, алгоритмы решения задач оптимизации ИОПК-1.2. Умеет применять методы дискретной математики, системного анализа, математического моделирования для исследования и разработки профессиональных задач и процессов; применять математическое обеспечение при моделировании прикладных и информационных процессов. ИОПК-1.3. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, составления математических моделей и решения	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие материалу дисциплины знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины. Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

задач линейного и нелинейного программирования, а также задач оптимизации работы с методами дискретной математики, используемыми при проектировании и разработке информационных систем.				

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и её описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине – выполнение и защита контрольных работ согласно полученному заданию с достижением порогового значения оценки.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 5. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 4. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 3. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.

Неудовлетворительно	Не достигнуто пороговое значение хотя бы для одного уровня формируемых на момент проведения аттестации компетенций. Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении к рабочей программе.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Перечень оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Домашняя контрольная работа (ДКР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Промежуточная аттестация (ПА)		Экзамен (Э)	1) устно (У) 2) письменно (П)

7.3.2 Экзаменационные билеты

1.1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Математическая логика и теория алгоритмов в практике программирования»

1.2. Регламент онлайн экзамена: - На выполнения экзамена дается две пары занятий.

1.3. Шкала оценивания:

"Отлично"- если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при изменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения.

"Хорошо"- если студент твёрдо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

"Удовлетворительно" - если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных тем, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

"Неудовлетворительно" - если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания.

На экзаменационную оценку решительно влияет

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

1.4. Комплекты экзаменационных билетов включает по каждому разделу 25-30 билетов (хранятся в центре математического образования).

7.3.3 Образцы билетов

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет информационных технологий, Кафедра Инфокогнитивные технологий
Дисциплина: Математическая логика и теория алгоритмов в практике программирования
Образовательная программа: Системная и программная инженерия
Курс 1, семестр 1

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Лемма Шеннона о разложении функции алгебры логики по компонентам. Разложить функцию f = 1011001010100101 по первой и третьей переменной.
2. Теорема. ђ p → p. Доказать.
3. Преобразовать формулу $(x \to y) \to ((\neg(x \to z) \to (x \to yz)))$ в ДНФ.
4. Теорема Клини о неподвижной точке.

Утверждено на кафедре « 16 » декабря 2022 г.

Преподаватель ______________________________ / Набебин А.А. /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет информационных технологий, Кафедра Инфокогнитивные технологий
Дисциплина: Математическая логика и теория алгоритмов в практике программирования
Образовательная программа: Системная и программная инженерия
Курс 1, семестр 1

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Теорема об СДНФ.
2. Теорема. $\vdash \neg (p \lor q) \to \neg p \,\&\, \neg q$. Доказать.
3. Преобразовать формулу $(x \to (y \to z)) \to (\neg(xy \to z))$ в КНФ.
4. Теорема Райса.

Утверждено на кафедре « 16 » декабря 2022 г.

Преподаватель ____ / Набебин А.А. /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет информационных технологий, Кафедра Инфокогнитивные технологий
Дисциплина: Математическая логика и теория алгоритмов в практике программировании
Образовательная программа: Системная и программная инженерия
Курс 1, семестр 1

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Теорема об СКНФ.
2. Правило вывода A, B ђ A & B. Доказать.
3. Преобразовать формулу $(xy \to z) \to (x \to (\neg(y \to z)))$ в сокращенную ДНФ.
4. Проблема самоприменимости машины Тьюринга.

Утверждено на кафедре « 16 » декабря 2022 г.

Преподаватель ____ / Набебин А.А. /

7.3.6 Комплект вопросов к экзамену (УО)

Математическая логика

1. Множество, мощность, счетность, несчетность. Континуум. Теорема Кантора. Отношение эквивалентности.
2. Функции алгебры логики. 3.
3. Лемма Шеннона о разложении функции по компонентам.
4. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (СДНФ).
5. Совершенная конъюнктивная нормальная форма (СКНФ).
6. Двойственные функции.
7. Теорема о функции, двойственной к суперпозиции функций.
8. Принцип двойственности.
9. Класс самодвойственных функций и его замкнутость относительно суперпозиции функций.
10. Лемма о несамодвойственной функции.
11. Класс линейных функций и его замкнутость относительно суперпозиции функций.
12. Полином Жегалкина.
13. Лемма о нелинейной функции.

14. Класс функций, сохраняющих константу и его замкнутость относительно суперпозиции функций.
15. Класс монотонных функций и его замкнутость относительно суперпозиции функций.
16. Лемма о немонотонной функции.
17. Критерий монотонности.
18. Теорема Поста о функциональной полноте.
19. Формально аксиоматическое исчисление высказываний (логическая порождающая
20. Система аксиом П.С.Новикова, правила вывода. Доказательство и доказуемая формула.
21. Теорема дедукции.
22. Лемма о доказуемости формулы по значению на наборе.
23. Семантическая и синтаксическая полнота исчисления высказываний.
24. Разрешимость и непротиворечивость. Независимость аксиом.
25. Исчисление высказываний с единственным правилом вывода – правилом заключения.
26. Логика предикатов. Кванторы. Формулы.
27. Интерпретация формул. Выполнимость, невыполнимость, общезначимость, опровержимость.
28. Эквивалентность формул, эквивалентные преобразования.
29. Префиксная нормальная форма.
30. Стандартная форма Сколема.
31. Проблема алгоритмической разрешимости формул логики предикатов.
32. Формально аксиоматическое исчисление предикатов.
33. Непротиворечивость ИП.
34. Семантическая полнота. О синтаксической неполноте ИП.
35. Аксиоматическая арифметика Пеано. Понятие о теоремах Геделя.
35. Логический универсальный язык программирования Пролог.

Теория алгоритмов

1. Арифметические функции. Подстановка, примитивная рекурсия, минимизация.
2. Примитивно рекурсивное описание. Примитивно рекурсивные функции.
3. Примитивная рекурсивность относительно совокупности функций.
4. Функции, представимые термом.
5.. Конечные сумма и произведение.
6. Представляющая и характеристическая функции предиката.
7. Примитивно рекурсивные предикаты.
8. Ограниченные кванторы. Ограниченный оператор мю.
9. Подстановка функций в предикат.
10. Кусочное задание функции.
11. Частично рекурсивные функции. Тезис Черча.
12. Машина Тьюринга. Вычисления на машинах Тьюринга.
13. Синтез машин Тьюринга. Композиция, ветвление, зацикливание машин Тьюринга.
14. Машины Тьюринга в однобуквенном алфавите.
15. Машины $A, B, C, D, L, L^k, R, R^k, P, V, T_m, T_m^k, K_m, S$.
16. Правильно вычислимые функции.
17. Суперпозиция правильно вычислимых функций.
18. Примитивная рекурсия правильно вычислимых функций.
19. Минимизация правильно вычислимых функций.
20. Правильная вычислимость частично рекурсивных функций.
14. Частичная рекурсивность правильно вычислимых функций.
15. Теорема о частичной рекурсивности правильно вычислимых функций.
16. Представление Клини частично рекурсивной функции.
17. Универсальная частично рекурсивная функция.
18. Проблема самоприменимости машины Тьюринга.

19. Теорема Клини о неподвижной точке и теорема Райса.

20. Рекурсивная перечислимость и разрешимость. Общерекурсивные функции и предикаты.

21. Словарные порождающие системы (системы подстановок и грамматики).

22. Конечные автоматы. Детерминизация источников.

Задачи

1. Для данных формул построить таблицу истинностных значений и определить, является ли формула а) общезначимой, б) выполнимой, в) опровержимой, г) невыполнимой.

$\overline{x}\,(y \vee \overline{z}) \equiv (xy \vee xz)$.

2. Построить СДНФ, СКНФ, полином Жегалкина для функции $f(x_1,x_2,x_3)$, заданной множеством $M_1 = \{1,4,6,7\}$. десятичных эквивалентов двоичных наборов, на которых f принимает значение 1.

3. Найти все тупиковые и все минимальные ДНФ определенной функции 10101001.

4. Найти все тупиковые и все минимальные КНФ для всюду определенной функции 10101001

5. Найти все тупиковые и все минимальные ДНФ для частично определенной функции 1–0 –1100.

6. Найти все тупиковые и все минимальные КНФ для частично определенной функции 1–0 –1100.

7. Заданную систему булевых функций $(x + y\&\neg z) \to z,\ \neg x\&y$ исследовать на полноту с помощью теоремы Поста.

8. Заданную систему булевых функций 01101101, 0001, 11, 00 исследовать на полноту с помощью теоремы Поста.

9. Преобразовать формулу $(x \to y) \to ((\neg(x \to z) \to (x \to yz))$ в ДНФ.

10. Преобразовать формулу $(x \to (y \to z)) \to (\neg(xy \to z))$ в КНФ.

11. Преобразовать формулу $(xy \to z) \to (x \to (\neg(y \to z)))$ в сокращенную ДНФ.

12. Упростить формулу $\neg(\neg x \to y) \to \neg(\neg x \vee \neg(xy))$, построить для обеих таблицу истинностных значений и схему из функциональных элементов.

13. Привести формулу $A = (\forall x)(P(x)\ \&\ R(x)) \to (\exists y)Q(x,y)$ к префиксной нормальной форме. Вычислить значение истинности формулы A на множестве $M = \{1,2\}$ со следующими предикатами, определенными на M.

x	1	2		$Q(x,y)$	1	2
$P(x)$	1	0		1	1	0
$R(x)$	0	1		2	0	0

14. Доказать или опровергнуть справедливость правила вывода $\dfrac{C \to A, D \to B, \neg A \vee \neg B}{\neg C \vee \neg D}$, установив общезначимость соответствующих формул.

15. Доказать или опровергнуть справедливость правила вывода $\dfrac{M \to \neg P, S \to M}{S \to \neg P}$, установив общезначимость соответствующих формул.

16. Доказать или опровергнуть справедливость правила вывода $\dfrac{P \to \neg M, S \to M, \neg S}{S\ \&\neg P}$, установив общезначимость соответствующих формул.

17. Доказать правильность правил вывода $\dfrac{(\forall x)(P(x) \to \neg M(x)), (\exists x)(S(x)\ \&\ M(x))}{(\exists x)(S(x)\ \&\neg P(x))}$, установив общезначимость соответствующей формулы.

18. Теорема. ђ p → p. Доказать.

19. Теорема. $\vdash \neg(p \vee q) \to \neg p\ \&\ \neg q$. Доказать.

20. Правило вывода A, B $\vdash$ A & B. Доказать.

21. Правило вывода $\dfrac{\Gamma \vdash A\&B}{\Gamma \vdash A,\ \Gamma \vdash B}$. Доказать.

22. Правило вывода $\dfrac{\Gamma \vdash A}{\Gamma \vdash B \to A}$. Доказать.

23. Правило силлогизма $\dfrac{\Gamma \vdash A \to B,\ \Gamma \vdash B \to C}{\Gamma \vdash A \to B}$. Доказать.

24. Правило вывода (контрапозиция) $\dfrac{\Gamma \vdash A \to B}{\Gamma \vdash \neg B \to \neg A}$. Доказать.

25. Снятие двойного отрицания в заключении $\dfrac{\Gamma \vdash A \to \neg\neg B}{\Gamma \vdash A \to B}$. Доказать.

26. Снятие двойного отрицания в посылке. $\dfrac{\Gamma \vdash \neg\neg A \to B}{\Gamma \vdash A \to B}$. Доказать.

27. Закон перестановки посылок $\vdash (p \to (q \to r)) \to (q \to (p \to r))$. Доказать.

28. Перестановка посылок $\dfrac{\Gamma \vdash A \to (B \to C)}{\Gamma \vdash B \to (A \to C)}$. Доказать.

29. Закон соединения посылок $\vdash (p \to (q \to r)) \to (p \,\&\, q \to r)$. Доказать.

30. Правило соединения посылок. $\dfrac{\Gamma \vdash A \to (B \to C)}{\Gamma \vdash (A \,\&\, B) \to C)}$. Доказать.

31. Закон разъединения посылок. $\vdash (p \,\&\, q \to r) \to (p \to (q \to r))$. Доказать.

32. Правило разъединения посылок. $\dfrac{\Gamma \vdash A \,\&\, B \to C}{\Gamma \vdash A \to (B \to C)}$. Доказать.

33. Правило введения конъюнкции. $\dfrac{\Gamma \vdash C \to A,\ \ \Gamma \vdash C \to B}{\Gamma \vdash C \to A\&B}$. Доказать.

34. Правило введения дизъюнкции. $\dfrac{\Gamma \vdash A \to C,\ \ \Gamma \vdash B \to C}{\Gamma \vdash A \vee B \to C}$. Доказать.

35. Теорема. $\vdash p \,\&\, \neg p \to q$. Доказать.

36. Закон исключенного третьего. $\vdash p \vee \neg p$. Доказать.

37. Правило приведения к абсурду. $\dfrac{\Gamma, A \vdash B,\ \ \Gamma, A \vdash \neg B}{\Gamma \vdash \neg A}$. Доказать.

38. Теорема. $\vdash p \vee q \to \neg(\neg p \,\&\, \neg q)$. Доказать.

39. Теорема. $\vdash \neg p \,\&\, \neg q \to \neg(p \vee q)$. Доказать.

40. Теорема. $\vdash (p \to q) \to \neg p \vee q$. Доказать.

41. Детерминизировать источник $A = (X, Q, Q_0, D, F)$, где $X = \{0,1,2\}$, $Q = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}$, $Q_0 = \{q_1\}$, $D = \{(q_1,0, q_2), (q_1,*, q_2), (q_2,1, q_3), (q_3,2, q_2), (q_3,2, q_4), (q_4,0, q_1), (q_4,0, q_2), (q_4,*, q_1)\}$, $F = \{q_4\}$.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он регулярно в течение семестра представлял решения задач, выполнил полностью все задания и их защитил, ответив на вопросы преподавателя;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он нерегулярно в течение семестра представлял решения задач, выполнил задания, допустил незначительные легко исправлемые ошибки.

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он нерегулярно в течение семестра представлял решения задач, выполнил задания, допустил значительные ошибки.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он выполнил задания, допустил значительные ошибки или вообще не представлял работы на проверку.