

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет



УТВЕРЖДАЮ
декан механико-
математического факультета
/А.И. Шафаревич /
«14» октября 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:
Дискретная математика

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки / специальность:
02.04.01 "Математика и компьютерные науки" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:
Цифровые технологии и искусственный интеллект

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета Механико-математического факультета
(протокол №7, от 14 октября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. N 13.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:
дисциплина относится к базовой части ОПОП ВО.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): нет.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1. Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.1. Приобретает и адаптирует математические, естественнонаучные, социально-экономические, общеинженерные знания и знания в области когнитивных наук для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта	ОПК-1.1. З-1. Знает математические, естественно- научные и технические методы для решенияосновных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта ОПК-1.1. У-1. Умеет адаптировать существующие математические, естественно-научные и социально- экономические методы для решения основных, нестандартных задач создания и применения искусственного интеллекта
	ОПК-1.2. Решает основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественно-научных, социально-экономических, общеинженерных знаний и знаний в области когнитивных наук	ОПК-1.2. З-1. Знает методы решения нестандартных профессиональных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте,с применением математических, естественно- научных, социально-экономических, общеинженерных знаний и знаний в области когнитивных наук ОПК-1.2. У-1. Умеет решать основные, нестандартные задачи создания и применения искусственного интеллекта
	ОПК-1.3. Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	ОПК-1.3. З-1. Знает особенности проведения теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте

		ОПК-1.3. У-1. Умеет проводить теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК-2. Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.1. Применяет современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные компьютерные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	ОПК-2.1. З-1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные компьютерные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач ОПК-2.1. У-1. Умеет применять современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные компьютерные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач
	ОПК-2.2. Обосновывает выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий	ОПК-2.2. З-1. Знает состав современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий ОПК-2.2. У-1. Умеет осуществлять выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, осуществлять поиск решений на основе научной методологии
	ОПК-2.3. Разрабатывает оригинальные программные средства, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	ОПК-2.3. З-1. Знает принципы разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, для решения профессиональных задач ОПК-2.3. У-1. Умеет разрабатывать оригинальные программные средства, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных компьютерных технологий, для

		решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 8 з.е., в том числе 136 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 152 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1. Множества	14	14	24	52	опрос
Тема 2. Основы логики	20	20	32	72	опрос
Тема 3. Комбинаторика	6	6	8	20	опрос
Тема 4. Графы	4	4	6	14	опрос
Тема 5. Конечные автоматы	8	8	12	28	опрос
Тема 6. Контекстно-свободные грамматики	6	6	10	22	опрос
Тема 7. Динамическое программирование	4	4	8	16	опрос
Тема 8. Алгоритмы сортировки и поиска	4	4	8	16	опрос
Тема 9. Переборные задачи	2	2	4	8	опрос
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—

Промежуточная аттестация (2 зачёта и 2 экзамена)			40	40	
Итого	68	68	152	288	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Множества	Операции над множествами. Декартово произведение. Отношения. Отношение эквивалентности. Отношения частичного и линейного порядка. Сравнение мощностей.
2.	Тема 2. Основы логики	Высказывание. Истинностное значение, истинностная функция (конъюнкция, дизъюнкция, импликация, отрицание). Формула логики высказываний. Тавтологии. Эквивалентные формулы. Основные эквивалентности. Дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы. Существование формулы, задающей заданную истинностную функцию. Предикаты (отношения). Язык логики предикатов. Кванторы всеобщности и существования. Алгебраические структуры, истинность формулы в алгебраической структуре. Общезначимые формулы. Эквивалентные формулы. Основные эквивалентности. Предваренная форма.
3.	Тема 3. Комбинаторика	Сочетания и размещения с повторениями и без. Подсчет их количества. Число симметричных, антисимметричных, рефлексивных и иррефлексивных отношений на множестве из n элементов. Перестановки с повторением. Бином Ньютона. Биномиальные коэффициенты. Треугольник Паскаля. Соотношения на биномиальные коэффициенты. Рекуррентные последовательности. Производящие функции. Числа Фибоначчи. Числа Каталана.
4.	Тема 4. Графы	Неориентированный мультиграф, неориентированный граф. Вершина, неориентированное ребро, параллельные рёбра. Петля. Степень вершины. Планарный граф. Двудомльный граф. Ориентированный мультиграф, ориентированный граф. Вершина, ориентированное ребро, параллельные рёбра. Степени захода и исхода данной вершины. Разметка вершин графа, ребер графа. Путь в неориентированном и ориентированном мультиграфе

		(графе). Длина пути, начало и конец пути. Простой путь. Цикл. Простой цикл. Дерево, дерево с корнем. Корень и лист дерева. Потомок данной вершины в дереве. Ориентированное дерево. Эйлеровы и гамильтоновы графы. Изоморфизм графов. Алгоритмические проблемы на графах (задача о кратчайшем пути, задача о минимальном покрывающем дереве и др.).
5.	Тема 5. Конечные автоматы	Определение языка, операции над языками (объединение, пересечение, дополнение, конкатенация, звездочка Клини). Регулярное выражение. Язык, заданный регулярным выражением. Определение детерминированного и недетерминированного конечного автомата. Язык, принимаемый данным автоматом. Теорема: детерминированные и недетерминированные автоматы принимают одни и те же языки. Теорема: регулярные выражения и конечные автоматы задают одни и те же языки. Примеры нерегулярных языков. Алгоритмические проблемы для конечных автоматов.
6.	Тема 6. Контекстно-свободные грамматики	Контекстно-свободные грамматики и контекстно-свободные языки. Автоматы с магазинной памятью, языки, распознаваемые этими автоматами. Эквивалентность контекстно-свободных языков и языков, распознаваемых конечными автоматами с магазинной памятью. Алгоритмические проблемы для контекстно-свободных грамматик.
7.	Тема 7. Динамическое программирование	Алгоритмы разбора для контекстно-свободных грамматик. Задача о наибольшей общей подпоследовательности. Задача о стоимости редактирования.
8.	Тема 8. Алгоритмы сортировки и поиска	Быстрая сортировка. Красно-чёрные деревья. Алгоритм Рабина—Карпа. Алгоритм Кнута—Морриса—Пратта. Алгоритм Бойера—Мура.
9.	Тема 9. Переборные задачи	Задача о вершинном покрытии. Задача коммивояжёра.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

6.1. Примеры заданий для семинарских занятий

1.1. Доказать, что в полиноме Жегалкина самодвойственной функции, существенно зависящей от $n > 1$ переменной, не может быть монома степени n .

- 1.2. Найти критерий полноты дифференциала перестановки, задаваемой регистром сдвига с линейной обратной связью над группой $(Z_2)^n$.
- 1.3. Доказать, что в k -значной логике классы сохранения констант Та являются предполными. Найти пересечение всех предполных классов в P_k .
- 1.4. Оценить снизу мощность множества классов квазилинейных функций.
- 1.5. Привести пример кратчайших д.н.ф., не являющихся минимальными, и минимальных д.н.ф., не являющихся кратчайшими.
- 1.6. Может ли сокращенная д.н.ф. функции f иметь более высокую сложность, чем совершенная д.н.ф.?
- 1.7. Найти оптимальные по сложности и по глубине реализации S-блоков криптографических стандартов AES, ГОСТ, ZUC и DES.
- 1.8. Найти число итераций метода Карацубы, дающее минимальную сложность при реализации n -разрядного умножителя при $n=32,64,128,256$.
- 1.9. Привести пример распределения вероятностей, на котором у кода Хаффмана длины всех кодовых слов, кроме двух, отличаются.
- 1.10. Объяснить, почему арифметический код может давать меньшую среднюю длину, чем код Хаффмана.
- 1.11. Верно ли, что почти все графы являются гамильтоновыми?
- 1.12. Существуют ли планарные графы, у которых степень каждой вершины равна 5?

2.41. Пусть $X = Y = [0, 1]^2$, $(x_1, x_2)\rho(y_1, y_2) \Leftrightarrow |x_1 - y_1| + |x_2 - y_2| \leq 1/10$. На множестве запросов задана равномерная вероятностная мера. Является ли $\langle [0, 1]^2, V, \rho \rangle$ задачей поиска с коротким ответом, если

- а) $V = \{(1/7, 1/7), (1/6, 1/4), (1/5, 5/12), (2/3, 0)\}$,
 б) $V = \{(0.1, 0.7), (0.2, 0.6), (0.3, 6/11), (0.5, 1/111)\}$?

2.42. Для каких баз данных задача поиска ближайшего соседа, описанная в примере 2.16, будет задачей с коротким ответом и равновероятными тенями записей.

2.43. Пусть $X = Y = [0, 10]^2$, $V = \{(1, 5), (3, 4), (6, 6), (8, 7)\}$,

$$(x_1, x_2)\rho(y_1, y_2) \Leftrightarrow |x_1 - y_1| \leq 1 \ \& \ |x_2 - y_2| \leq 1, \quad (2.49)$$

$$f_{a,b}^{c,d}(x_1, x_2) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1 \in [a, b] \ \& \ x_2 \in [c, d], \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Убедиться, что информационный граф, приведенный на рисунке 2.17, решает задачу $I = \langle [0, 10]^2, V, \rho \rangle$, перестроить этот граф в древовидный из класса \mathcal{D}^I по алгоритму, описанному в доказательстве теоремы 27 и проверить, что сложность нового графа не больше, чем у старого, считая, что на множестве запросов задана равномерная вероятностная мера.

2.39. Пусть $I = \langle X, V, \rho_c \rangle$ — задача о близости, где $X = \{1, 2, \dots, N\}$, $V \subseteq X$, ρ_c — отношение поиска, задаваемое соотношением на $X \times V$ и определяемое соотношением (2.12). По аналогии с поиском идентичных объектов постройте ИГ, решающий задачу о близости I методом бинарного поиска. Получите соответствующие оценки сложности.

2.38. Пусть $S_{int} = \langle X_{int}, Y_{int}, \rho_{int} \rangle$ — тип одномерного интервального поиска и на множестве запросов $X_{int} = \{(u, v) : 0 \leq u \leq v \leq 1\}$ задана равномерная вероятностная мера. $V = \{y_1, y_2, \dots, y_k\} \subseteq [0, 1]$. Приведите мощностную нижнюю оценку для ЗИП $I = \langle X_{int}, V, \rho_{int} \rangle$. Оцените сверху полученную величину.

2.40. Пусть $I = \langle X, V, \rho_c \rangle$ — задача о близости, где $X = \{1, 2, \dots, N\}$, $V \subseteq X$, ρ_c — отношение поиска, задаваемое соотношением на $X \times V$ и определяемое соотношением (2.12). По аналогии с поиском идентичных объектов постройте ИГ, решающий задачу о близости I и имеющий константную сложность.

6.2. Примеры контрольных работ

А) Контрольная работа по теме "Распознавание образов"

1. В трехмерном пространстве расположены точки a, b, c, d и e . Известны их проекции на Π' : $a'(2, 1), b'(3, -1), c'(1, 0), d'(5, 4)$ и $e'(8, -11)$ и на Π'' : $a''(-1, 1), b''(-4, 3), c''(-3, 2), d''(7, -2)$ и $e''(-15, 13)$, соответственно. Восстановить исходное изображение с точностью до аффинной эквивалентности.

2. Построить по алг. Новикова прямую, разделяющую м-ва $\{(1; 1), (0; -2), (-1; 1)\}$ и $\{(0; 4), (2; -3)\}$.

3. В матрице признаков
$$\left(\begin{array}{c|c|c|c|c|c} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{array} \right)$$
 известны тупиковые тесты: $(2, 6), (1, 2), (1, 6), (3, 4, 5)$. Клас-

сифицировать вектор $(0, 0, 1, 0, 1, 1)$ методом а) Журавлева; б) Королева/Переяславского; в) Кудрявцева.

4. Найти все тупиковые тесты и информационные веса признаков:

$$\left(\begin{array}{c|c|c|c|c} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \right).$$

5. Объекты классов K_1 и K_2 распределены экспоненциально с плотностями $p_1(x) = \begin{cases} 3e^{-3x}, & x \geq 0; \\ 0, & x < 0 \end{cases}$ и $p_2(x) =$

$$\begin{cases} 5e^{-5(4-x)}, & x \leq 4; \\ 0, & x > 4 \end{cases}, \text{ и имеют вероятности появления } P_1 = \frac{1}{4} \text{ и } P_2 = \frac{3}{4}, \text{ соответственно. Штраф ошибки I-го}$$

рода (принять K_1 за K_2) равен $S_1 = 5$, а II-го рода — $S_1 = 2$. а) Сформулировать решающее правило. б) Вычислить математическое ожидание штрафа для полученного решающего правила.

Б) Контрольная работа по теме “Математическая логика”

1. Построить вывод из аксиом A_1 , A_2 и A_3 формулы: $(\neg f \rightarrow (f \rightarrow g))$
2. Проверить общезначимость по алгоритму Квайна: $\{[(x_4 \wedge x_3) \oplus ((x_4 \rightarrow \neg x_3) \oplus \neg x_2)] \wedge x_1\} \vee (\neg x_1 \vee \neg x_2)$;
3. Доказать невыполнимость семейства дизъюнктов, используя правило резолюции: $\{x_2 \vee x_3 \vee \neg x_1, x_1 \vee x_2, x_1 \vee x_2 \vee x_3, x_2 \vee \neg x_1 \vee \neg x_3, x_1 \vee \neg x_2 \vee \neg x_3, x_1 \vee x_3 \vee \neg x_2, \neg x_1 \vee \neg x_2 \vee \neg x_3, x_2 \vee \neg x_3, x_1 \vee x_3, x_1 \vee x_2 \vee \neg x_3, x_2 \vee x_3, x_3 \vee \neg x_2\}$.
4. Проверить совместность множества утверждений (т.е. то, что их конъюнкция выполнима): *Если вечер скучен, то Алиса начинает плакать, или Анатолий рассказывает смешные истории. Если Сильвестр приходит на вечер, то вечер скучен или Алиса начинает плакать. Если Анатолий рассказывает смешные истории, то Алиса не начинает плакать. Сильвестр приходит на вечер тогда и только тогда, когда Анатолий не рассказывает смешные истории. Если Алиса начинает плакать, то Анатолий рассказывает смешные истории.*
5. Записать как формулу исчисления предикатов: а) *Никто не может стать президентом, если у него красный нос. У всех людей нос красный. Следовательно, никто не может быть президентом.* б) определение равномерной непрерывности функции на отрезке. Предикаты выбрать самостоятельно.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Программа экзамена и зачета: (1 семестр)

1. Функции алгебры логики. Операция суперпозиции и оператор замыкания.
2. Примеры полных систем. Классы T0, T1, S, M и L. Теорема Поста о полноте. Теорема Поста о замкнутых классах (без доказательства).
3. Преобразование Уолша-Адамара и его связь с корреляцией функций. Матрица корреляции для композиции булевых операторов.
4. Функции k-значной логики. Операция суперпозиции и оператор замыкания. Примеры полных систем.
5. Теорема о полноте полиномов в R_k .
6. Алгоритм распознавания полноты конечных систем. Теорема Кузнецова.
7. Критерий Слупецкого.
8. Теоремы Янова и Мучника. Ширина и глубина решетки замкнутых классов в R_k .
9. Задача выполнения ограничений.
10. Полиномиальная полнота квазигрупповых операций.

11. Понятие д.н.ф. Постановка задачи минимизации д.н.ф. Функция Шеннона и ее значение.
12. Геометрическая постановка задачи минимизации д.н.ф. Простые импликанты и максимальные грани.
13. Сокращенная д.н.ф. Теорема о получении минимальной д.н.ф. удалением слагаемых в сокращенной д.н.ф. Процедура построения минимальной д.н.ф.
14. Процедура Блейка построения сокращенной д.н.ф. Минимальная д.н.ф. для монотонных функций.
15. Тупиковая д.н.ф. Критерий поглощения элементарной конъюнкции.
16. Д.н.ф. типа пересечение и объединение тупиковых. Ядровые и регулярные импликанты. Критерии вхождения простой импликанты в д.н.ф. типа пересечение и объединение тупиковых.
17. Понятие окрестности. Локальность проверки вхождения простой импликанты в д.н.ф. типа пересечение и объединение тупиковых. Нелокальность свойства вхождения в д.н.ф. типа объединение минимальных.
18. Определение схемы из функциональных элементов. Критерий выразимости множества схем над заданным базовым множеством элементов. Сложность глубина схемы.
19. Понятие соединения. Оценка числа минимальных схем с заданным количеством элементов. Нижняя оценка функции Шеннона сложности схем.
20. Элементарные методы синтеза: синтез на основе СДНФ, улучшенная реализация множества всех конъюнкций, разложение по переменной.
21. Метод синтеза Шеннона.
22. Метод синтеза Лупанова. Асимптотика функции Шеннона сложности схем. Асимптотика функции Шеннона глубины схем.
23. Синтез сумматора "школьным" методом и методом "золотого сечения".
24. Синтез симметрических функций.
25. Синтез умножителя. Методы оптимизации глубины и сложности.
26. Оптимизация глубины схемной реализации хэш-функций.
27. Алфавитное кодирование. Префиксное кодирование. Однозначность декодирования префиксных и суффиксных кодов.
28. Неравенство Макмиллана. Достаточность справедливости неравенства Макмиллана для существования префиксного кода с заданными длинами кодовых слов.
29. Критерий Маркова однозначности декодирования. Графовый критерий однозначности декодирования.
30. Коды Хафмана. Алгоритм построения кодов Хафмана.
31. Помехоустойчивое кодирование. Коды Хэмминга с исправлением одной ошибки. Геометрическая постановка задачи построения помехоустойчивого кода. Максимальность кода Хэмминга при $l = 2^t - 1$.
32. Понятие графа и помеченного графа. Число помеченных графов с n вершинами.
33. Отношение связности. Связность почти всех графов.
34. Диаметр графа. Вычисление диаметра почти всех графов.

35. Понятие дерева. Критерии деревьев. Матрицы, связанные с графом. Теорема Кирхгофа. Число помеченных деревьев с n вершинами.
36. Эйлеровы графы. Критерий эйлеровости связного графа. Неэйлеровость почти всех графов. Гамильтоновы графы.
37. Реализация графов на плоскости и в трехмерном пространстве. Непланарность графов K_5 и $K_{3,3}$. Теорема Понтрягина-Куратовского (без доказательства).

Программа экзамена и зачета: (2 семестр)

1. Моделирование зрительного восприятия. Теорема Козлова об аффинной эквивалентности изображений.
2. Эвристические алгебро-геометрические методы распознавания.
3. Модель перцептрона Розенблатта. Теорема Новикова.
4. Статистический подход к распознаванию. Байесовское решающее правило. Качество и надежность метода минимизации эмпирического риска.
5. Тестовый подход к распознаванию. Линейные тестовые алгоритмы распознавания. Алгоритм Кудрявцева голосования по тестам.
6. Теорема Гильберта-Анселя о числе монотонных функций.
7. Реляционная модель данных. Реляционная алгебра. Функциональные зависимости. Полнота системы аксиом вывода.
8. Информационно-графовая модель данных. Понятие информационного графа.
9. Критерий допустимости информационных графов.
10. Критерий полноты базового множества.
11. Сложность информационного графа. Теорема о существовании оптимального информационного графа.
12. Константный в среднем алгоритм поиска идентичных объектов.
13. Одномерный интервальный поиск.
14. Язык логики высказываний. Интерпретация языка. Выполнимость и общезначимость формул языка логики высказываний.
15. Исчисление высказываний. Вывод; вывод из списка гипотез. Теорема о дедукции.
16. Теорема о полноте исчисления высказываний.
17. Семантическое дерево. Алгоритм Квайна проверки общезначимости. Конъюнктивная нормальная форма. Дизъюнкты. Алгоритм Квайна в случае проверки невыполнимости множества дизъюнктов.
18. Правило резолюции для логики высказываний; его полнота.
19. Язык логики предикатов. Формулы и термы. Интерпретация языка логики предикатов. Общезначимость и выполнимость формул логики предикатов. Исчисление предикатов: формулировка схем аксиом и правил вывода. Теорема Геделя о полноте исчисления предикатов (без доказательства).
20. Процедура автоматического доказательства теорем в логике предикатов: приведение формул к предварённой нормальной форме и к сколемовской нормальной форме.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. Верещагин Н. К., Шень А. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 1. Начала теории множеств. М.: МЦНМО, 2017.
2. Верещагин Н. К., Шень А. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 2. Языки и исчисления. М.: МЦНМО, 2017.
3. Верещагин Н. К., Шень А. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 3. Вычислимые функции. М.: МЦНМО, 2017.

4. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 3-е издание. — М.: «Вильямс», 2013. — 1328 с. — ISBN 978-5-8459-1794-2.
5. Пентус А. Е., Пентус М. Р. Математическая теория формальных языков. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
6. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов. М.: Техносфера, 2014.

Дополнительная литература

1. Виленкин Н. Я. Комбинаторика. М.: МЦНМО, 2013.
2. Виленкин Н. Я. Рассказы о множествах. М., МЦНМО, 2005.
3. Купиллари А. Трудности доказательств. Как преодолеть страх перед математикой. М.: Техносфера, 2002.
4. Лавров И. А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов, 2004
5. Пентус А. Е., Пентус М. Р. Конечные автоматы и регулярные выражения. Сборник задач. М.: Издательство попечительского совета механико-математического факультета МГУ, 2015. - 71 с.
6. Пентус А. Е., Пентус М. Р. Контекстно-свободные языки. Сборник задач [Электронный ресурс]. М.: РГГУ, 2016. - 75 с. - Режим доступа : <http://elib.lib.rsuh.ru/elib/000010034>. - ISBN 978-5-7281-2012-4.
7. Столл Р. Р. Множества, логика, аксиоматические теории. М., 1968.
8. Kinber E., Smith C. Theory of Computing: a Gentle Introduction. Prentice Hall, 2001.
9. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. Cengage Learning, 2012.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
-
- #### 7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
 2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
 3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
 4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
 5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям
-
- #### 7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
1. Math-Net.Ru [Электронный ресурс] : общероссийский математический портал / Математический институт им. В. А. Стеклова РАН ; Российская академия наук, Отделение математических наук. - М. : [б. и.], 2010. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.

URL: <http://www.mathnet.ru>

2. Университетская библиотека Online [Электронный ресурс] : электронная библиотечная система / ООО "Директ-Медиа" . - М. : [б. и.], 2001. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.biblioclub.ru

3. Универсальные базы данных East View [Электронный ресурс] : информационный ресурс / East View Information Services. - М. : [б. и.], 2012. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.

URL: www.ebiblioteka.ru

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : информационный портал / ООО "РУНЭБ" ; Санкт-Петербургский государственный университет. - М. : [б. и.], 2005. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.

URL: www.eLibrary.ru

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

Механико-математический факультет, ответственный за реализацию данной программы, располагает соответствующей материально-технической базой. Материальная база факультета соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы

д. ф.-м. н., профессор, академик Алексей Львович Семёнов,

д. ф.-м. н., профессор Мати Рейнович Пентус,

к. ф.-м. н., доцент Татьяна Леонидовна Яворская