

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:
Дискретный анализ и интеллектуальные системы

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 блоку профессиональной подготовки вариативной части ОПОП ВО.

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

Для того чтобы изучение дисциплины было возможно, обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Знать: основные понятия, концепции, результаты и методы дискретной математики, теории вероятностей, математического анализа и линейной алгебры.

Уметь: решать стандартные задачи дискретной математики и теории вероятностей.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ПК-4. Способен руководить проектами по созданию комплексных систем искусственного интеллекта	ПК-4.1. Руководит разработкой архитектуры комплексных систем искусственного интеллекта	ПК-4.1. З-1. Знает возможности современных инструментальных средств и систем программирования для решения задач машинного обучения ПК-4.1. У-1. Умеет проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств для решения задач машинного обучения
ПК-8. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение технологий и систем искусственного интеллекта с учетом требований информационной безопасности в различных предметных областях	ПК-8.1. Разрабатывает программное и аппаратное обеспечение технологий и систем искусственного интеллекта для решения профессиональных задач с учетом требований информационной безопасности в различных предметных областях	ПК-8.1. З-1. Знает новые научные принципы и методы разработки программного и аппаратного обеспечения технологий и систем искусственного интеллекта для решения профессиональных задач в различных предметных областях ПК-8.1. У-1. Умеет разрабатывать программное и аппаратное обеспечение технологий и систем искусственного интеллекта с учетом требований информационной безопасности для решения

		профессиональных задач в различных предметных областях
--	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 6 з.е., в том числе 64 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 152 академических часов 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			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1 Алгебра логики.	4		10	14	опрос
Тема 2 Функции k-значной логики.	6		14	20	опрос
Тема 3 Минимизация дизъюнктивных нормальных форм.	6		14	20	опрос
Тема 4 Синтез схем из функциональных элементов.	6		14	20	опрос
Тема 5 Теория кодирования.	6		14	20	опрос
Тема 6 Теория графов.	4		10	14	опрос
Тема 7 Распознавание образов.	10		25	35	опрос
Тема 8 Базы данных.	12		26	38	опрос
Тема 9 Математическая логика.	10		25	35	опрос
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—
Промежуточная аттестация (экзамен)					
Итого	64		152	216	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1 Алгебра логики.	Функции алгебры логики. Операция суперпозиции и оператор замыкания. Примеры полных систем. Классы T_0 , T_1 , S , M и L . Теорема Поста о полноте. Теорема Поста о замкнутых классах (без доказательства). Преобразование Уолша-Адамара и его связь с корреляцией функций. Матрица корреляции для композиции булевых операторов.
2.	Тема 2 Функции k -значной логики.	Функции k -значной логики. Операция суперпозиции и оператор замыкания. Примеры полных систем. Теорема о полноте полиномов. Алгоритм распознавания полноты конечных систем. Критерий Слупецкого. Теоремы Янова и Мучника. Задача выполнения ограничений. Полиномиальная полнота квазигрупповых операций.
3.	Тема 3. Минимизация дизъюнктивных нормальных форм.	Понятие д.н.ф. Постановка задачи минимизации д.н.ф. Функция Шеннона и ее значение. Геометрическая постановка задачи минимизации д.н.ф. Простые импликанты и максимальные грани. Сокращенная д.н.ф. Теорема о получении минимальной д.н.ф. удалением слагаемых в сокращенной д.н.ф. Процедура построения минимальной д.н.ф. Процедура Блейка построения сокращенной д.н.ф. Минимальная д.н.ф. для монотонных функций. Тупиковая д.н.ф. Критерий поглощения элементарной конъюнкции. 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. 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.
4.	Тема 4. Синтез схем из функциональных элементов.	Определение схемы из функциональных элементов. Критерий выразимости множества схем над заданным базовым множеством элементов. Сложность и глубина схемы. Понятие соединения. Оценка числа минимальных схем с заданным количеством элементов. Нижняя оценка функции Шеннона сложности схем. Элементарные методы синтеза: синтез на основе СДНФ, улучшенная реализация множества всех конъюнкций, разложение по переменной. Метод синтеза Шеннона. Метод синтеза Лупанова. Асимптотика функции Шеннона сложности схем. Асимптотика функции Шеннона глубины схем. Синтез сумматора "школьным" методом и методом "золотого сечения". Синтез симметрических функций. Синтез умножителя. Методы оптимизации глубины и сложности. Оптимизация глубины схемной реализации хэш-функций.
5.	Тема 5. Теория кодирования.	Алфавитное кодирование. Префиксное кодирование. Однозначность декодирования префиксных и суффиксных кодов. Неравенство Макмиллана. Достаточность справедливости неравенства Макмиллана для существования префиксного кода с заданными длинами кодовых слов. Критерий Маркова однозначности декодирования. Графовый критерий однозначности декодирования. Коды Хафмана. Алгоритм построения кодов Хафмана. Помехоустойчивое кодирование. Коды Хэмминга с исправлением одной

		ошибки. Геометрическая постановка задачи построения помехоустойчивого кода. Максимальность кода Хэмминга при $l = 2^t - 1$.
6.	Тема 6. Теория графов.	Понятие графа и помеченного графа. Число помеченных графов с n вершинами. Отношение связности. Связность почти всех графов. Диаметр графа. Вычисление диаметра почти всех графов. Понятие дерева. Критерии деревьев. Матрицы, связанные с графом. Теорема Кирхгофа. Число помеченных деревьев с n вершинами. Эйлеровы графы. Критерий эйлеровости связного графа. Неэйлеровость почти всех графов. Гамильтоновы графы. Реализация графов на плоскости и в трехмерном пространстве. Непланарность графов K_5 и $K_{3,3}$. Теорема Понтрягина-Куратовского (без доказательства).
7.	Тема 7 Распознавание образов.	Моделирование зрительного восприятия. Теорема Козлова об аффинной эквивалентности изображений. Алгебро-геометрические методы распознавания. Модель персептрона Розенблатта. Теорема Новикова. Статистический подход к распознаванию. Байесовское решающее правило. Качество и надежность метода минимизации эмпирического риска. Тестовый подход к распознаванию. Линейные тестовые алгоритмы распознавания. Алгоритм Кудрявцева голосования по тестам. Теорема Гильберта-Ансея о числе монотонных функций.
8.	Тема 8 Базы данных.	Реляционная модель данных. Реляционная алгебра. Функциональные зависимости. Полнота системы аксиом вывода. Информационно-графовая модель данных. Понятие информационного графа. Критерий допустимости информационных графов. Критерий полноты базового множества. Сложность информационного графа. Мощностная нижняя оценка. Константный в среднем алгоритм поиска идентичных объектов. Одномерный интервальный поиск. Сложность одномерного интервального поиска в зависимости от базового множества.
9.	Тема 9 Математическая логика.	Язык логики высказываний. Выполнимость и общезначимость формул языка логики высказываний. Алгоритм Квайна проверки общезначимости. Правило резолюции для логики высказываний; его полнота. Исчисление высказываний. Вывод; вывод из списка гипотез. Теорема о дедукции. Теорема о полноте исчисления высказываний. Язык логики предикатов. Формулы и термы. Интерпретация языка логики предикатов. Исчисление предикатов: Формулировки теорем Геделя и Черча. Правило резолюции для логики предикатов.

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)

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

1.2. Доказать, что в k -значной логике классы сохранения констант T_a являются предполными. Найти пересечение всех предполных классов в P_k .

1.3. Оценить снизу мощность множества классов квазилинейных функций.

1.4. Привести пример кратчайших д.н.ф., не являющихся минимальными, и минимальных д.н.ф., не являющихся кратчайшими.

1.5. Может ли сокращенная д.н.ф. функции f иметь более высокую сложность, чем совершенная д.н.ф.?

1.6. Найти оптимальные по сложности и по глубине реализации S -блоков криптографических стандартов AES, ГОСТ, ZUC и DES.

1.7. Найти число итераций метода Карацубы, дающее минимальную сложность при реализации n -разрядного умножителя при $n=32,64,128,256$.

1.8. Привести пример распределения вероятностей, на котором у кода Хафмана длины всех кодовых слов, кроме двух, отличаются.

1.9. Объяснить, почему арифметический код может давать меньшую среднюю длину, чем код Хафмана.

1.10. Верно ли, что почти все графы являются гамильтоновыми?

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

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

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

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

Программа экзамена:

Часть 1: дискретный анализ.

1. Функции алгебры логики. Операция суперпозиции и оператор замыкания.
2. Примеры полных систем. Классы T_0 , T_1 , 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 P_k .
6. Алгоритм распознавания полноты конечных систем. Теорема Кузнецова.
7. Критерий Слупецкого.
8. Теоремы Янова и Мучника. Ширина и глубина решетки замкнутых классов в P_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 Хаффмана. Алгоритм построения кодов Хаффмана.
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).

Часть 2: интеллектуальные системы.

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	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает	Успешное и систематическое умение

<i>(виды оценочных средств: практические задания)</i>			неточности непринципиального характера)	
Навыки (владения, опыт деятельности) <i>(виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)</i>	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

Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

Часть 1: дискретный анализ

- 1) Болотов А.А., Галатенко А.В., Гринчук М.И., Золотых А.А., Иванов Л. "Методы оптимизации глубины реализации хэш-функций" // "Интеллектуальные системы", Т. 17, №1-4, 2013, стр. 224-229.
- 2) Галатенко А.В., Панкратьев А.Е. "О сложности проверки полиномиальной полноты конечных квазигрупп" // Дискретная математика, Т. 30, №4, 2018, стр. 3-11.
- 3) Гашков С., Гринчук М., Сергеев И. "О построении схем сумматоров малой глубины" // Дискретный анализ и исследование операций, Серия 1, Т. 14, №1, 2007, стр. 27-44.
- 4) Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. "Лекции по теории графов" // М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2013.
- 5) Кудрявцев В.Б., Блохина Г.Н., Кнап Ж., Кудрявцев В.В. "Алгебра логики" // Изд-во мех-мат МГУ Москва-Люблина, 2006.
- 6) Яблонский С.В. "Введение в дискретную математику" // М.: Высшая школа, 2010.
- 7) Daemen J. "Cipher and Hash Function Design – Strategies based on linear and differential cryptanalysis" // Ph.D. Thesis, 1995, chap. 5, https://cs.ru.nl/~joan/papers/JDA_Thesis_1995.pdf
- 8) Zhuk D., "A Proof of CSP Dichotomy Conjecture" // Proceedings of the IEEE Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), 2017.

Часть 2: интеллектуальные системы

- 1) Кудрявцев В.Б., Гасанов Э.Э., Подколзин А.С. Теория интеллектуальных систем: в 4 кн. Книга первая. Распознавание образов. – М.: Издательские решения. 2018. – 153 с. – ISBN 978-5-4493-5156-2 (т. 1), ISBN 978-5-4493-5157-9.
- 2) Кудрявцев В.Б., Гасанов Э.Э., Подколзин А.С. Теория интеллектуальных систем: в 4 кн. Книга вторая. Базы данных. – М.: Издательские решения. 2018. – 212 с. – ISBN 978-5-4493-5158-6 (т. 2), ISBN 978-5-4493-5157-9.
- 3) Кудрявцев В.Б., Гасанов Э.Э., Подколзин А.С. Теория интеллектуальных систем: в 4 кн. Книга третья. Моделирование логических процессов. – М.: Издательские решения. 2018. – 212 с. – ISBN 978-5-4493-5159-3 (т. 3), ISBN 978-5-4493-5157-9.
- 4) Кудрявцев В.Б., Гасанов Э.Э., Подколзин А.С. Введение в теорию интеллектуальных систем. – М.: Изд-во ф-та ВМиК МГУ, 2006.
- 5) Козлов В.Н. Введение в математическую теорию зрительного восприятия. – М.: Изд-во центра прикладных исследований при мех.-мат. ф-те МГУ. 2007.
- 6) Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. – М.: Наука, 1974.
- 7) Кудрявцев В.Б., Андреев А.Е., Гасанов Э.Э. Теория тестового распознавания. – М.: «Физматлит», 2007.
- 8) Мейер Д. Теория реляционных баз данных. – М.: Мир, 1987.
- 9) Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б., Теория хранения и поиска информации. Москва, «Физматлит», 2002..
- 10) Мендельсон Э. Введение в математическую логику. – М.: Наука, 1971.

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

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
нет

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://intsys.msu.ru/>
2. <http://intsys.msu.ru/science/books/>
3. <http://www.mathnet.ru/>

7.5. Описание материально-технического обеспечения.
Аудитории для проведения лекционных занятий.

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

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.-м.н., проф. Э.Э. Гасанов,
к.ф.-м.н., с.н.с. А.В. Галатенко