

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Институт новых технологий и искусственного интеллекта
Кафедра функционального анализа

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института



Н. Л. Королева
«16» сентября 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.О.25 Теория алгоритмов

Направление подготовки/специальность: 01.03.01 - Математика

Профиль/направленность/специализация: Искусственный интеллект и моделирование

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2024

Тамбов, 2024

Автор программы:

Кандидат физико-математических наук, Переславцева Оксана Николаевна

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.01 - Математика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «10» января 2018 г. № 8).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «13» сентября 2024 г. Протокол № 2

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института новых технологий и искусственного интеллекта, Протокол от «16» сентября 2024 г. № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Бакалавриата.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	10
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	17
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	18
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	19

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-7 Способен использовать систематические теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования

1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 01 Образование и наука (в сфере общего, профессионального и дополнительного профессионального образования; в сфере научных исследований), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок)

1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
	ПК-7 Способен использовать систематические теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования	Оперировать математическими понятиями и категориями

1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-7 Способен использовать систематические теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения				
		Очная (семестр)				
		1	3	4	7	8
1	PyTorch	+				
2	Исследование операций	+				
3	История математики	+				
4	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)			+		
5	Основы программирования на C++	+				

6	Современные технологии программирования		+			
7	Функционально-дифференциальные уравнения и включения				+	+

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Теория алгоритмов» относится к обязательной части учебного плана ОП по направлению подготовки 01.03.01 - Математика.

Дисциплина «Теория алгоритмов» изучается в 2 семестре.

3.Объем и содержание дисциплины

3.1.Объем дисциплины: 4 з.е.

Очная: 4 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	144
Контактная работа	64
Лекции (Лекции)	32
Практические (Практ. раб.)	32
Самостоятельная работа (СР)	44
Экзамен	36

3.2.Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
2 семестр					
1	Введение в теорию алгоритмов	4	4	11	Кейс; Контрольная работа
2	Универсальные алгоритмические действия	10	10	11	Кейс
3	Вычислимые функции и разрешимые множества	10	10	11	Кейс
4	Оценка сложности задач и алгоритмов	8	8	11	Кейс; Контрольная работа

Тема 1. Введение в теорию алгоритмов (ПК-7)

Лекция.

Введение в теорию алгоритмов. Цели и задачи теории алгоритмов. Практическое применение результатов теории алгоритмов. Исторический обзор. Интуитивное (неформальное) понятие алгоритма. Необходимость в формализации понятия «алгоритм». Подходы к формализации понятия «алгоритм». Понятие алгоритма и вычислимости функции. Различные подходы к понятию "Алгоритм". Свойства неформального толкования понятия алгоритма: дискретность, понятность, определенность (детерминированность), результативность, массовость. Исполнитель. Система команд исполнителя. Среда исполнителя. Формы представления алгоритма: словесная, графическая, псевдокод. Алгоритмический язык. Требования к записи алгоритма на алгоритмическом языке. Понятие исполнителя алгоритма. Графическое представление алгоритмов. Алгоритмы линейной структуры. Алгоритмы разветвляющейся структуры. Алгоритмы циклической структуры.

Практическое занятие.

Занятие 1. Словесная форма представления алгоритма. Графическая форма представления алгоритма.

Составьте алгоритмы решения следующих задач в словесной форме и графической форме.

Задачи

- 1) Определить площадь трапеции по введенным значениям оснований (a и b) и высоты (h).
- 2) Определить среднее арифметическое двух чисел, если a положительное и частное (a/b) в противном случае.
- 3) Составить алгоритм нахождения суммы целых чисел в диапазоне от 1 до 10.
- 4) Дан массив 10 чисел. Найти его максимальный элемент.
- 5) Дано квадратное уравнение. Найти его корни.

Занятие 2. Представление алгоритма на псевдокоде.

Составьте алгоритмы решения следующих задач на псевдокоде.

Задачи

- 1) Определить площадь трапеции по введенным значениям оснований (a и b) и высоты (h).
- 2) Определить среднее арифметическое двух чисел, если a положительное и частное (a/b) в противном случае.
- 3) Составить алгоритм нахождения суммы целых чисел в диапазоне от 1 до 10.
- 4) Дан массив 10 чисел. Найти его максимальный элемент.
- 5) Дано квадратное уравнение. Найти его корни

Задания для самостоятельной работы.

Составьте алгоритмы решения следующих задач в словесной форме, графической форме и на псевдокоде.

1. Дана длина ребра куба. Найти площадь и объем куба.
2. Вычислите площадь боковой поверхности цилиндра.
3. Ввести два числа. Если их произведение отрицательно, умножить его на -2 и вывести на экран, в противном случае увеличить его в 3 раза и вывести на экран.
4. Ввести число. Если оно больше 10, разделить его на 2, если меньше или равно 10, то умножить на 5.
5. Вывести на экран корни всех целых чисел от 15 до 70.
6. Вывести на экран все целые числа от a до b (значения a и b вводятся с клавиатуры, эти числа целые).

Тема 2. Универсальные алгоритмические действия (ПК-7)

Лекция.

Тема №2. Универсальные алгоритмические модели

Лекции 3-7. Подходы к формализации понятия «алгоритм». Формализация понятия алгоритма на примере машин Поста. Понятие машины Поста. Команды машины Поста. Программа для машины Поста. Примеры программ. Формализация понятия алгоритма на примере машин Тьюринга. Понятие машины Тьюринга. Команды машины Тьюринга. Программа для машины Тьюринга. Примеры программ. Формализация понятия алгоритма на примере нормальных алгоритмов Маркова. Формализация понятия алгоритма с помощью булевых схем. Композиции машин Тьюринга. Машина Тьюринга с двоичным алфавитом. Эквивалентность машин Тьюринга. Время и память машины Тьюринга. Моделирование языков программирования машинами Тьюринга. Моделирование булевых схем машинами Тьюринга.

Практическое занятие.

Занятие 3. Составление программ для машины Поста.

Познакомиться с принципом работы программы-эмулятора машины Поста. Создание алгоритмов для решения задач.

Задание 1. Установить программу-эмулятор машины Поста. Изучить принципы работы программы. <https://kpolyakov.spb.ru/loadstat.php?f=/download/postm.rar>

Задание 2. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x,y)=2x$ натурального аргумента, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

Задание 3. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x,y)=x+y$ натуральных аргументов, данных в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

Задание 4. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x)=x-1$ натурального аргумента, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

Занятия 4-5. Составление программ для машины Тьюринга. Познакомиться с принципом работы программы-эмулятора машины Тьюринга.

Задание 1. Установить программу-эмулятор машины Тьюринга. Изучить принципы работы программы. <https://moodle1.tsutmb.ru/mod/resource/view.php?id=733816>

Задание 2. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы во входном слове из 0 и 1 переместить первую букву в конец слова.

Задание 3. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы во входном слове из 0 и 1 переместить 0 через блок единиц.

Задание 4. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы обратить входное слово из букв a и b .

Задание 5. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы прибавить 1 к натуральному числу, записанному в двоичной записи.

Задание 6. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы преобразовать унарную запись натурального числа в его двоичную запись. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

Задание 7. Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x,y)=x+y$ натуральных аргументов, данных в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

Занятие 6-7. Составление программ для алгорифмов Маркова. Познакомиться с принципом работы программы-эмулятора нормальных алгоритмов Маркова.

<https://kpolyakov.spb.ru/prog/nma.htm>.

Задание 1. Установить программу-эмулятор алгорифмов Маркова. Изучить принципы работы программы.

Задание 2. Написать алгорифм Маркова для прибавления к четверичному числу двойки.

Задание 3. Написать алгорифм Маркова для вычитания из двоичного числа двойки.

Задание 4. Написать алгорифм Маркова для вычитания из троичного числа двойки.

Задание 5. Написать алгорифм Маркова для перевода прямого кода числа в обратный код.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

- 1) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x,y)=x*y$ натуральных аргументов, данных в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 2) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для выяснения четности натурального числа, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 3) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x)=x/2$ натурального аргумента, заданного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 4) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x)=x-1$ натурального аргумента, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 5) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы выяснить четность натурального числа, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 6) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x)=x/2$ натурального аргумента, заданного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 7) Написать алгоритм Маркова для прибавления к четверичному числу тройки.
- 8) Написать алгоритм Маркова для вычитания из двоичного числа тройки.
- 9) Написать алгоритм Маркова для вычитания из троичного числа тройки.
- 10) Написать алгоритм Маркова для перевода прямого кода числа в дополнительный код.

Тема 3. Вычислимые функции и разрешимые множества (ПК-7)

Лекция.

Тема №3. Вычислимые функции и разрешимые множества

Лекции 8-12. Рекурсивные функции. Прimitивно рекурсивные функции. Примеры примитивно рекурсивных функций. Другие виды рекурсий. Эквивалентность различных теорий. Равносильность теории машин Тьюринга, теории машин Поста, нормальных алгоритмов Маркова и рекурсивных функций. Теорема о совпадении классов функций. Понятие вычислимой функции. Теория вычислимых функций. Эффективная вычислимость. Эквивалентность утверждений «функция вычислима» и «существует алгоритм, вычисляющий функцию». Понятие разрешимого множества. Понятие перечислимого множества. Разрешимые множества и их свойства. Перечислимые множества и их свойства. Перечислимое множество, как множество определения вычислимой функции. Перечислимое множество, как множество значений вычислимой функции. Понятие универсальной функции. Вычислимость универсальной функции. Теорема о существовании универсального алгоритма.

Практическое занятие.

Занятие 9. Решение задач на доказательство рекурсивности операций сложения, умножения, возведения в степень. Рекурсивно описать функцию – значит не использовать в ней операторов цикла и перехода, а также не использовать глобальных (описанных вне функции) переменных, если, конечно, этого не требуется в условии задачи.

Задача 1. Доказать, что следующие функции примитивно рекурсивны:

а) $f(x) = x + n$; б) $f(x) = n$; в) $f(x, y) = x + y$; г) $f(x, y) = x \cdot y$.

Задача 2. Пользуясь определением примитивно рекурсивной функции, показать что числовая функция $f(x)=x!$ примитивно рекурсивна.

Задача 3. Доказать, что функция $f(x,y)=xy$, определенная для натуральных аргументов и принимающая натуральные значения, является примитивно рекурсивной.

Занятие 10. Разработка рекурсивных алгоритмов. Разработайте рекурсивные алгоритмы решения задач.

- 1) Дано натуральное число n . Выведите все числа от 1 до n .
- 2) Даны два целых числа A и B (каждое в отдельной строке). Выведите все числа от A до B включительно, в порядке возрастания, если $A < B$, или в порядке убывания в противном случае.
- 3) Вычислите значения функции Аккермана
- 4) Дано натуральное число N . Вычислите сумму его цифр.
- 5) Дана последовательность натуральных чисел. Определите среднее значение элементов этой последовательности.
- 6) Рекурсивно описать процедуру $\text{RevPrint}(N)$, которая печатает в обратном порядке цифры десятичной записи целого неотрицательного числа N . Например, $\text{RevPrint}(12345)$ должна вывести текст 54321.
- 7) Описать рекурсивную функцию $\text{equal}(N, S)$ (где N и S – неотрицательные целые числа), которая проверяет, совпадает ли сумма цифр в десятичной записи числа N со значением S . Например: $\text{equal}(12345, 15) = \text{true}$, $\text{equal}(24, 7) = \text{false}$, $\text{equal}(100, 1) = \text{true}$.
- 8) Задача: напишите рекурсивную функцию для вычисления суммы заданных положительных целых чисел a и b без прямого использования оператора $+$. Подсказка: используйте операторы инкремента и декремента.

Занятие 11. Решение задач.

Задача 1. Проверить разрешимость множеств: (а) всех нечетных чисел; (б) всех простых чисел; (в) данного конечного множества; (г) множества всех решений $(x, y) \in \mathbb{N}^2$ уравнения $x^2 - y^2 > 5$. (д) множества всех обратимых $m \times n$ -матриц с коэффициентами из \mathbb{N} .

Задача 2. Проверить полуразрешимость множеств: (а) каждого разрешимого множества; (б) множества всех пар простых чисел – близнецов; (в) множества всех чисел, представимых в виде суммы квадратов двух попарно различных нечетных чисел.

Задача 3. (а) Доказать, что для каждого полуразрешимого множества A существует алгоритм, который работает вечно, время от времени посылая в выходной поток натуральные числа $a \in A$ таким образом, что каждый элемент A когда-нибудь в нем появится. (б) Доказать, что каждое полуразрешимое множество перечислимо. (в) Доказать, что каждое перечислимое множество полуразрешимо.

Задача 4. Доказать исходя из определений: (а) если $A, B \subseteq \mathbb{N}$ разрешимы, то $A \cup B, A \cap B, A$ также разрешимы. (б) если $A, B \subseteq \mathbb{N}$ полуразрешимы, то $A \cup B, A \cap B$ также полуразрешимы. (в) если $A, B \subseteq \mathbb{N}$ перечислимы, то $A \cup B, A \cap B$ также перечислимы.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

- 1) Доказать, что функция $f(x, y) = |x - y|$ является примитивно-рекурсивной.
- 2) Доказать, что функция $f(x, y) = \max\{x, y\}$ является примитивно-рекурсивной.
- 3) Доказать, что функция $f(x, y) = [x/y]$ -- целая часть дроби x/y , является примитивно-рекурсивной.
- 4) Дано натуральное число N . Выведите все его цифры по одной, в обратном порядке, разделяя их пробелами или новыми строками.
- 5) Дана последовательность натуральных чисел. Определите наибольшее значение числа в этой последовательности.

Тема 4. Оценка сложности задач и алгоритмов (ПК-7)

Лекция.

Тема №4. Оценка сложности задач и алгоритмов

Лекции 13-16. Понятие сложности алгоритма. Временная и пространственная сложность. Асимптотический анализ верхней оценки сложности алгоритмов. Стандартные классы сложности. Эффективность алгоритма. Эмпирические измерения эффективности алгоритмов. Вход (входные данные) алгоритма и размер входа. Затраты алгоритма для данного входа; понятие сложности в худшем случае. «Полиномиальные» алгоритмы. Гипотеза $P \neq NP$. Сводимость. NP -полнота.

Практическое занятие.

Занятие 13. Решение задач на определение сложности алгоритма. Анализ алгоритмов поиска.

1) Определить сложность части кода

а) $\text{Sum}:=0$; For $i:=1$ To n Do $\text{Sum}:=\text{Sum} + x[i]$;

2) Рассмотреть алгоритмы последовательного поиска в неупорядоченном массиве: 1) алгоритм последовательного поиска в неупорядоченном массиве, 2) алгоритм поиска минимального и 3) максимального элемента в неупорядоченном массиве; 4) алгоритм бинарного поиска в упорядоченном массиве. Определить сложности алгоритмов. Написать программы, реализующие эти алгоритмы. Проверить найденные оценки с помощью экспериментов.

Занятие 14. Анализ алгоритмов сортировки.

Рассмотреть алгоритмы сортировки: алгоритм обменной 1) сортировки методом «пузырька», 2) сортировка выбором, 3) сортировка вставками. Определить сложности алгоритмов. Написать программы, реализующие эти алгоритмы. Проверить найденные оценки с помощью экспериментов.

Занятие 15. Оценка эффективности алгоритмов.

Задание:

- разработать алгоритмы для умножения двух квадратных матриц (классический, алгоритм Штрассена, блочно-рекурсивный);
- найти для каждой программы временную и пространственную сложность;
- оценить эффективность написанных алгоритмов.

Задания для самостоятельной работы.

Оценить временную сложность заданного кода

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

2 семестр

- текущий контроль – 50 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ темы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мак. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Введение в теорию алгоритмов	Кейс	12	2 балла за каждое правильно выбранное задание. Баллы суммируются
		Контрольная работа (контрольный срез)	10	1 балл за каждые 3 правильно выполненные задания контрольной работы
2.	Универсальные алгоритмические действия	Кейс	20	2 балла за каждое правильно выполненное задание
3.	Вычислимые функции и разрешимые множества	Кейс	10	2 балла за каждое правильно выполненное задание
4.	Оценка	Кейс	8	2 балла за каждое правильно выполненное задание

	сложности задач и алгоритмов	Контрольная работа(контрольный срез)	10	
5.	Премияльные баллы		20	20 баллов за участие в студенческих научных конференциях и олимпиадах
6.	Ответ на экзамене		30	Отлично- 25-30 баллов Хорошо - 19-24 балла Удовлетворительно - 10-18 баллов Неудовлетворительно - менее 10 баллов
7.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы		50	Студент может предоставить все задания текущего контроля
8.	Итого за семестр		100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

Кейс

Тема 1. Введение в теорию алгоритмов

Составьте алгоритмы решения следующих задач в словесной форме, графической форме и на псевдокоде.

1. Дана длина ребра куба. Найти площадь и объем куба.
2. Вычислите площадь боковой поверхности цилиндра.
3. Ввести два числа. Если их произведение отрицательно, умножить его на -2 и вывести на экран, в противном случае увеличить его в 3 раза и вывести на экран.
4. Ввести число. Если оно больше 10, разделить его на 2, если меньше или равно 10, то умножить на 5.
5. Вывести на экран корни всех целых чисел от 15 до 70.
6. Вывести на экран все целые числа от а до b (значения а и b вводятся с клавиатуры, эти числа целые).

Тема 2. Универсальные алгоритмические действия

- 1) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x,y)=x*y$ натуральных аргументов, данных в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 2) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для выяснения четности натурального числа, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

- 3) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x)=x/2$ натурального аргумента, заданного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 4) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x)=x-1$ натурального аргумента, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 5) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы выяснить четность натурального числа, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 6) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x)=x/2$ натурального аргумента, заданного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 7) Написать алгоритм Маркова для прибавления к четверичному числу тройки.
- 8) Написать алгоритм Маркова для вычитания из двоичного числа тройки.
- 9) Написать алгоритм Маркова для вычитания из троичного числа тройки.
- 10) Написать алгоритм Маркова для перевода прямого кода числа в дополнительный код.

Тема 3. Вычислимые функции и разрешимые множества

- 1) Доказать, что функция $f(x,y)=|x-y|$ является примитивно-рекурсивной.
- 2) Доказать, что функция $f(x,y)=\max\{x,y\}$ является примитивно-рекурсивной.
- 3) Доказать, что функция $f(x,y)=\lfloor x/y \rfloor$ -- целая часть дроби x/y , является примитивно-рекурсивной.
- 4) Дано натуральное число N . Выведите все его цифры по одной, в обратном порядке, разделяя их пробелами или новыми строками.

Дана последовательность натуральных чисел. Определите наибольшее значение числа в этой последовательности

Тема 4. Оценка сложности задач и алгоритмов

1. Рассмотреть алгоритмы сортировки: алгоритм обменной
 - 1) сортировки методом «пузырька», 2) сортировка выбором, 3) сортировка вставками. Определить сложности алгоритмов. Написать программы, реализующие эти алгоритмы. Проверить найденные оценки с помощью экспериментов.
 2. Оценка эффективности алгоритмов.
- Задание:
- разработать алгоритмы для умножения двух квадратных матриц (классический, алгоритм Штрассена, блочно-рекурсивный);
 - найти для каждой программы временную и пространственную сложность;
 - оценить эффективность написанных алгоритмов.

Контрольная работа

Тема 1. Введение в теорию алгоритмов

Задание 1. Построение линейного алгоритма

Составьте алгоритмы решения следующих задач в графической форме и на псевдокоде.

- 1.1. Даны длины ребер a , b , c прямоугольного параллелепипеда. Найти его объем V .
- 1.2. Даны длины ребер a , b , c прямоугольного параллелепипеда. Найти его площадь поверхности.
- 1.3. Даны два числа a , b , c . Найти их среднее арифметическое.
- 1.4. Найти произведение значений двух переменных и вывести результат на экран.
- 1.5. Найти длину окружности p заданного радиуса r .
- 1.6. Дана длина ребра куба. Найти площадь грани.

- 1.7. Дана длина ребра куба. Найти площадь полной поверхности.
- 1.8. Дана длина ребра куба. Найти площадь объем куба.
- 1.9. Вычислите площадь боковой поверхности цилиндра.
- 1.10. Вычислите площадь поверхности шара.

Задание 2. Построение разветвляющегося алгоритма.

Составьте алгоритмы решения следующих задач в графической форме и на псевдокоде.

- 2.1. Ввести число. Если оно неотрицательно, вычесть из него 10, в противном случае прибавить к нему 10.
- 2.2. Ввести два числа. Если их произведение отрицательно, умножить его на -2 и вывести на экран, в противном случае увеличить его в 3 раза и вывести на экран.
- 2.3. Ввести два числа. Если сумма этих чисел четная, найти произведение, в противном случае, найти частное этих чисел.
- 2.4. Ввести число. Если оно больше 10, разделить его на 2, если меньше или равно 10, то умножить на 5.
- 2.5. Ввести два числа. Если их сумма больше 100, то сумму уменьшить в 2 раза, в противном случае увеличить в 2 раза.
- 2.6. Ввести двухзначное число. Если сумма цифр числа четная, то увеличить число на 2, в противном случае уменьшить на 2.
- 2.7. Дано целое число. Если оно является положительным, то прибавить к нему 20, в противном случае вычесть из него 5. Вывести полученное число.
- 2.8. Ввести 2 числа. Если их произведение отрицательно, умножить его на 8 и вывести на экран, в противном случае увеличить его в 1,5 раза и вывести на экран.
- 2.9. Ввести число. Если оно четное, разделить его на 4, если нечетное - умножить на 5.
- 2.10. Ввести рост человека. Вывести на экран "ВЫСОКИЙ", если его рост превышает 180 см, и "НЕ ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ" в противном случае.

Задание 3. Построение циклического алгоритма.

Составьте алгоритмы решения следующих задач в графической форме и на псевдокоде.

- 3.1. Напечатать ряд из n повторяющихся чисел.
- 3.2. Вывести на экран числа от 2.8 до 8.8 с шагом 0,1.
- 3.3. Вывести на экран все целые четные числа в заданном диапазоне.
- 3.4. Вывести на экран все целые числа от 20 до 35.
- 3.5. Вывести на экран корни всех целых чисел от 15 до 70.
- 3.6. Вывести на экран все целые числа от a до b (значения a и b вводятся с клавиатуры, эти числа целые).
- 3.7. Вывести на экран все четные числа от a до b (значения a и b вводятся с клавиатуры, эти числа целые).
- 3.8. Вывести на экран каждое 3 целое число от a до b (значения a и b вводятся с клавиатуры, эти числа целые).
- 3.9. Вычислить сумму ряда $S = 1 + 1.5 + 2 + 2.5 + 3 + 3.5 + \dots + 30$.
- 3.10. Вычислить факториал заданного с клавиатуры числа.

Тема 4. Оценка сложности задач и алгоритмов

Контрольная работа.

Задание 1. Доказать по определению, что следующие утверждения истинны:

a) 17 имеет порядок $O(1)$;

б) $n \cdot (n-1)/2$ имеет порядок $O(n^2)$.

Задание 2. Оценить временную сложность кода.

```
int F(int n){
    int sum = 0;
    for(int i=0; i<n; i++)
        for(int j=0; j<i; j+=2)
            sum += j;
    return sum;
}
```

Задание 3. Оценить временную сложность рекурсивной процедуры.

```
Procedure Soch (i: Integer);
Var k: Integer;
Begin If i>n Then Print(a) Else
For k:=1 To n Do
    Begin a[i]:=k; Soch(i+1); End;
End;
```

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

Типовые вопросы экзамена (ПК-7)

Типовые вопросы для экзамена.

- 1 Введение в теорию алгоритмов. Цели и задачи теории алгоритмов. Практическое применение результатов теории алгоритмов. Исторический обзор.
- 2 Интуитивное (неформальное) понятие алгоритма. Необходимость в формализации понятия «алгоритм». Подходы к формализации понятия «алгоритм». Понятие алгоритма и вычислимости функции. Различные подходы к понятию "Алгоритм".
- 3 Свойства неформального толкования понятия алгоритма: дискретность, понятность, определенность (детерминированность), результативность, массовость.
- 4 Исполнитель. Система команд исполнителя. Среда исполнителя.
- 5 Формы представления алгоритма: словесная, графическая, псевдокод. Алгоритмический язык. Требования к записи алгоритма на алгоритмическом языке. Понятие исполнителя алгоритма.
- 6 Графическое представление алгоритмов. Алгоритмы линейной структуры. Алгоритмы разветвляющейся структуры. Алгоритмы циклической структуры.
- 7 Подходы к формализации понятия «алгоритм». Формализация понятия алгоритма на примере машин Поста. Понятие машины Поста. Команды машины Поста. Программа для машины Поста. Примеры программ.
- 8 Формализация понятия алгоритма на примере машин Тьюринга. Понятие машины Тьюринга. Команды машины Тьюринга. Программа для машины Тьюринга. Примеры программ.
- 9 Формализация понятия алгоритма на примере нормальных алгоритмов Маркова.
- 10 Формализация понятия алгоритма с помощью булевых схем.
- 11 Композиции машин Тьюринга. Машина Тьюринга с двоичным алфавитом. Эквивалентность машин Тьюринга. Время и память машины Тьюринга.

- 12 Моделирование языков программирования машинами Тьюринга. Моделирование булевых схем машинами Тьюринга.
- 13 Рекурсивные функции. Прimitивно рекурсивные функции. Примеры примитивно рекурсивных функций. Другие виды рекурсий.
- 14 Эквивалентность различных теорий. Равносильность теории машин Тьюринга, теории машин Поста, нормальных алгоритмов Маркова и рекурсивных функций. Теорема о совпадении классов функций.
- 15 Понятие вычислимой функции. Теория вычислимых функций. Эффективная вычислимость. Эквивалентность утверждений «функция вычислима» и «существует алгоритм, вычисляющий функцию».
- 16 Понятие разрешимого множества. Понятие перечислимого множества. Разрешимые множества и их свойства. Перечислимые множества и их свойства. Перечислимое множество, как множество определения вычислимой функции. Перечислимое множество, как множество значений вычислимой функции.
- 17 Понятие универсальной функции. Вычислимость универсальной функции. Теорема о существовании универсального алгоритма.
- 18 Понятие сложности алгоритма. Временная и пространственная сложность. Асимптотический анализ верхней оценки сложности алгоритмов.
- 19 Стандартные классы сложности. Эффективность алгоритма. Эмпирические измерения эффективности алгоритмов.
- 20 Вход (входные данные) алгоритма и размер входа. Затраты алгоритма для данного входа; понятие сложности в худшем случае.
- 21 «Полиномиальные» алгоритмы.
- 22 Гипотеза $P \neq NP$. Сводимость. NP -полнота.

Типовые задания для экзамена (ПК-7)

Типовые задания для экзамена

- 1) Составьте алгоритмы решения следующих задач в словесной форме, графической форме и на псевдокоде.
 1. Дана длина ребра куба. Найти площадь и объем куба.
 2. Вычислите площадь боковой поверхности цилиндра.
 3. Ввести два числа. Если их произведение отрицательно, умножить его на -2 и вывести на экран, в противном случае увеличить его в 3 раза и вывести на экран.
 4. Ввести число. Если оно больше 10, разделить его на 2, если меньше или равно 10, то умножить на 5.
 5. Вывести на экран корни всех целых чисел от 15 до 70.
 6. Вывести на экран все целые числа от a до b (значения a и b вводятся с клавиатуры, эти числа целые).
- 2) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для выяснения четности натурального числа, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 3) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Поста, для вычисления функции $f(x)=x/2$ натурального аргумента, заданного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 4) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x)=x-1$ натурального аргумента, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.
- 5) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы выяснить четность натурального числа, данного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

6) Написать алгоритм в программе-эмуляторе, реализующим работу машины Тьюринга, чтобы вычислить функцию $f(x)=x/2$ натурального аргумента, заданного в унарной записи. Унарная запись числа n состоит из n единиц.

7) Написать алгоритм Маркова для прибавления к четверичному числу тройки.

8) Написать алгоритм Маркова для вычитания из двоичного числа тройки.

9) Написать алгоритм Маркова для вычитания из троичного числа тройки.

10) Написать алгоритм Маркова для перевода прямого кода числа в дополнительный код.

11) Доказать, что следующие функции примитивно рекурсивны:

а) $f(x) = x + n$; б) $f(x) = n$; в) $f(x, y) = x + y$; г) $f(x, y) = x \cdot y$.

12) Рекурсивно описать процедуру RevPrint(N), которая печатает в обратном порядке цифры десятичной записи целого неотрицательного числа N. Например, RevPrint(12345) должна вывести текст 54321.

13) Проверить разрешимость множеств: (а) всех нечетных чисел; (б) всех простых чисел; (в) данного конечного множества; (г) множества всех решений $(x, y) \in \mathbb{N}^2$ уравнения $x^2 - y^2 > 5$. (д) множества всех обратимых $m \times n$ -матриц с коэффициентами из \mathbb{N} .

14) Рассмотреть алгоритмы последовательного поиска в неупорядоченном массиве: 1) алгоритм последовательного поиска в неупорядоченном массиве, 2) алгоритм поиска минимального и 3) максимального элемента в неупорядоченном массиве; 4) алгоритм бинарного поиска в упорядоченном массиве. Определить сложности алгоритмов. Написать программы, реализующие эти алгоритмы. Проверить найденные оценки с помощью экспериментов.

15) Рассмотреть алгоритмы сортировки: алгоритм обменной 1) сортировки методом «пузырька», 2) сортировка выбором, 3) сортировка вставками. Определить сложности алгоритмов. Написать программы, реализующие эти алгоритмы. Проверить найденные оценки с помощью экспериментов.

16) Оценить временную сложность кода.

```
a) function getLastElement(arr) {
    return arr[arr.length - 1 ]
}
```

```
б) int F(int n){
    int sum = 0;
    for(int i=0; i<100000; i++)
        sum += n;
    return sum;
}
```

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-7	Демонстрирует высокий уровень знания теории Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-7	Демонстрирует хороший уровень знания теории. Правильно отвечает почти на все дополнительные вопросы. Самостоятельно исправляет допущенные ошибки.
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ПК-7	Демонстрирует достаточный уровень знания теории. Правильно отвечает на некоторые дополнительные вопросы. Может выделить междисциплинарные связи.
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-7	Демонстрирует слабый уровень знания теории Не может выделить междисциплинарные связи Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Крупский В. Н. Теория алгоритмов. Введение в сложность вычислений : учебное пособие для вузов. - испр. и доп; 2-е изд.. - Москва: Юрайт, 2024. - 117 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/539671>
2. Куликов В. Г., Евстратов В. С. Теория алгоритмов : учебно-методическое пособие. - Москва: МИСИ – МГСУ, 2022. - 43 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/262283>
3. Игошин В.И. Математическая логика и теория алгоритмов : учеб. пособие. - [Саратов]: Изд-во Саратов. ун-та, 1991. - 256 с.
4. Судоплатов С. В., Овчинникова Е. В. Математическая логика и теория алгоритмов : учебник и практикум для вузов. - 5-е изд.. - Москва: Юрайт, 2024. - 207 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/535807>

6.2 Дополнительная литература:

1. Безусова, Т. А. Теория алгоритмов. Основные подходы к формализации алгоритма : учебное пособие. - Весь срок охраны авторского права; Теория алгоритмов. Основные подходы к формализации алгоритма. - Соликамск: Соликамский государственный педагогический институт, 2011. - 63 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/47905.html>
2. Брыкалова А. А. Теория алгоритмов : учебное пособие. - Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. - 129 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467402>
3. Широков Д. В. Теория алгоритмов : учебное пособие. - Киров: ВятГУ, 2017. - 163 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/134610>
4. Мирзоев, М. С., Матросов, В. Л. Теория алгоритмов : учебное пособие. - Весь срок охраны авторского права; Теория алгоритмов. - Москва: Прометей, 2019. - 200 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/94547.html>
5. Поднебесова, Г. Б. Теория алгоритмов : практикум. - Весь срок охраны авторского права; Теория алгоритмов. - Челябинск: Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2017. - 91 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/83880.html>
6. Брыкалова А. А. Теория алгоритмов : лабораторный практикум. - Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. - 134 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467401>

6.3 Иные источники:

1. Библиотека научной и учебной литературы - <http://sbiblio.com>
2. Виртуальная среда Google - <https://gsuite.google.com/>
3. Консультант студента. Гуманитарные науки: электронно-библиотечная система - <http://www.studentlibrary.ru>
4. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф> - <http://нэб.рф>
5. Образовательный портал "Учёба" - www.Ucheba.com
6. Образовательный портал для студентов – <http://www.alleng.ru> - <http://www.alleng.ru>
7. Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru/>
8. Российский общеобразовательный портал - <http://www.school.edu.ru/>
9. ТОГБУК «Тамбовская областная универсальная научная библиотека имени А.С. Пушкина» <http://www.tambovlib.ru> - <http://www.tambovlib.ru>
10. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>
11. Электронная библиотека - www.wikipedia.uk/

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Операционная система Microsoft Windows 10
 Операционная система Linux Alt 8.1 Образование
 Операционная система "Альт Образование"
 Microsoft Windows 10
 LibreOffice

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» . – URL: <http://www.biblioclub.ru>
2. Математические журналы МИАН - полнотекстовая коллекция журналов Математического института им. В.А. Стеклова РАН (МИАН) на платформе общероссийского портала Math-Net.Ru. – URL: <http://www.mathnet.ru>
3. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: <https://apps.webofknowledge.com>
4. Электронная библиотека. Образовательная платформа «Юрайт». – URL: <https://biblio-online.ru/book/sud-prisyazhnyh-442275>
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
6. Электронная библиотека ТГУ. – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru/>
7. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» . – URL: <https://rusneb.ru>
8. Юрайт: образовательная платформа, электронно-библиотечная система. – URL: <https://urait.ru>
9. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
10. Российская государственная библиотека: официальный сайт. – URL: <https://www.rsl.ru>

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.