

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от «30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Теория сложности

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Компьютерные науки и приложения

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2022

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Курс Б1.В.ДВ.05.01 «Теория сложности» относится к Блоку 1 части ОПОП, формируемой участниками образовательных отношений, магистратуры по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика», направленность образовательной программы «Компьютерные науки и приложения». Дисциплина «Теория сложности» преподается в третьем семестре. Трудоемкость составляет 3 зачетные единицы, 108 час., зачет.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01, «Теория сложности» относится к части ООП направления подготовки «01.04.02 Прикладная математика и информатика», формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-4. Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-4.1. Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.	<u>Знать</u> основные факты истории развития математики в разных социальных и этнических условиях. <u>Знать</u> факты и примеры следования этическим нормам в биографиях творцов математики. <u>Уметь</u> применять модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты	Контрольные работы

	<p>ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p>	<p><u>Уметь</u> применять основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации. <u>Владеть</u> толерантным отношением к социальным, культурным и этническим особенностям как творцов математики, так и коллег по обучению.</p>	<p>Контрольные работы</p>
	<p>ПК-4.3 Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p>	<p><u>Знать</u> модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации; важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами. <u>Владеть</u> способностями применять модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации; важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.</p>	<p>Контрольные работы</p>

ПК-11. Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	ПК-11.1. Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.	<p><u>Знать</u> модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.</p> <p><u>Владеть</u> способностями применять модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами для решения задач производственно-технологической деятельности.</p>	Контрольные работы
	ПК-11.2. Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.	<p><u>Знать</u> модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.</p> <p><u>Уметь</u> применять модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие</p>	Контрольные работы

		факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.	
	ПК-11.3 Иметь навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.	<p><u>Уметь</u> применять основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации.</p> <p><u>Владеть</u> способностями применять основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации для решения задач производственно-технологической деятельности.</p>	Контрольные работы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение. Модели вычислений. Основные понятия теории сложности.	11	2	2		4	7
Точные алгоритмы для трудных задач. Приближенные алгоритмы.	12	2	2		4	8
Параметризованная сложность. Вероятностные алгоритмы. Схемная сложность.	28	4	4		8	20
Кодирование по Колмогорову. Модель алфавитного кодирования.	28	4	4		8	20
Локальная модель языка. КС-грамматики и основанные на них алгоритмы экономного кодирования.	28	4	4		8	20
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	108	16	16		33	75

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

изучение и реализацию применяемых в практической деятельности способов кодирования, оценку их трудоемкости.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение математических методов исследования информационных и имитационных моделей по тематике выполняемых прикладных научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ;

Применение наукоемких математических и информационных технологий и пакетов программ для решения прикладных задач в области профессиональной деятельности.

- компетенций - ПК-11, ПК-4.

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лекционного типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Теория сложности» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, написание реферата и подготовку к зачету.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемых компетенций
1. Тьюрингова модель вычислений. Задачи распознавания. Временная и пространственная сложность алгоритма. Классы P и PSPACE. Полиномиальная сводимость.	ПК-4
2. Недетерминированные алгоритмы. Классы NP, NPN, NPC. Теорема Кука.	ПК-11
3. Классы CoNP и EXP. Гипотеза об экспоненциальном времени.	ПК-11
4. Эволюция точных алгоритмов на примерах задач о гамильтоновом цикле и независимом множестве.	ПК-4
5. Псевдополиномиальные алгоритмы. Пример: задача о рюкзаке.	ПК-4
6. Приближенные алгоритмы, классы APX и PTAS.	ПК-11
7. Вероятностные алгоритмы. Классы RP и BPP. Проблема дерандомизации.	ПК-11
8. Параметризованная сложность. Пример – задача о вершинном покрытии. Класс FPT.	ПК-11
9. Схемная сложность. Связь между схемной и временной сложностью.	ПК-4
10. Префиксные коды. Неравенство Мак-Миллана.	ПК-4
11. Проблема распознавания взаимной однозначности алфавитного кодирования. Алгоритм А.А.Маркова.	ПК-4
12. Постановка задачи оптимального алфавитного кодирования. Алгоритм Хаффмана. Теорема редукции.	ПК-4

13. Энтропия. Связь стоимости оптимального алфавитного кодирования с энтропией.	ПК-11
14. Кодирование вероятностных источников. Теорема Шеннона для канала без шума.	ПК-11
15. Равномерное блочное кодирование. Его асимптотическая оптимальность для вероятностного источника с конечным числом состояний.	ПК-11
16. Алгоритмическая сложность задачи распознавания взаимной однозначности алфавитного кодирования и задачи оптимального кодирования в классах регулярных и контекстно-свободных языков.	ПК-4
17. Алгоритмическая сложность задачи построения локальной модели языка для различных классов языков сообщений.	ПК-4
18. Графы антипрефиксности и локально-префиксные коды.	ПК-4

5.2.2. Пример задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4, ПК-11

Вариант 1

Задача 1. Построить источник, генерирующий последовательность символов в алфавите $B = \{a, b, c, d\}$ с заданными запрещенными фрагментами $\{aa, ab, dc\}$.

5.2.3. Тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Тип вопроса – множественный выбор.

Задача принадлежит классу P тогда и только тогда, когда

- 1) она принадлежит NP , но не принадлежит NPC ;
- 2) она принадлежит CoP ;
- 3) она полиномиально сводится к задаче об эйлеровом цикле;
- 4) к ней полиномиально сводится задача о кратчайшем пути.

2. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $P = NP$, то

- 1) $NPC = P$; (+)
- 2) $NPC \neq NP$;
- 3) задача о клике принадлежит классу P ; (+)
- 4) задача о вершинном покрытии не принадлежит классу P .

3. Тип вопроса – множественный выбор.

Существует такая последовательность булевых функций $\{f_n\}$, что

- 1) $L(f_n) = \Omega(n^2)$; (+)
- 2) $L(f_n) = O(n^2)$; (+)
- 3) $L(f_n) = \Omega(2^n)$;
- 4) $L(f_n) = O(2^n)$. (+)

4. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $P = NP$, то

- 1) задача о вершинном покрытии решается за полиномиальное время; (+)
- 2) задача о паросочетании принадлежит классу NPC ; (+)
- 3) $P \cap NPC = \emptyset$;
- 4) $NPC = NP$. (+)

5.2.4. Тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Тип вопроса - множественный выбор

Для алфавита $A = \{a, в, н, о, р, т\}$ задан двоичный код $V = (01, 110, 100, 000, 0011, 1110)$.

Какие из двоичных последовательностей являются кодами слов в алфавите A ?

- 1) 1110001000 11101
- 2) 0100000111 11001
- 3) 1110001100 0100
- 4) 1110010000 10011011
- 5) 1100000011 0001110

2. Тип вопроса – множественный выбор

Если $P \neq NP$, то

- 1) задача о паросочетании не решается за полиномиальное время;

- 2) задача о раскраске ребер решается за полиномиальное время;
- 3) $P \stackrel{?}{=} NPC = \emptyset$; (+)
- 4) $NP = P \cup NPC$.

3. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $P \cap NPC \neq \emptyset$, то

- 1) $P = NP$; (+)
- 2) $P \neq NPC$;
- 3) задача о гамильтоновом цикле решается за полиномиальное время. (+)
- 4) задача об эйлеровом цикле принадлежит классу NPC. (+)

4. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $NP = NPC$, то

- 1) $NPC = P$; (+)
- 2) $P \neq NP$;
- 3) задача о клике принадлежит классу P ; (+)
- 4) задача о вершинном покрытии не принадлежит классу P .

5.2.5. Пример задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4

Задача 1. Доказать, что задача о доминирующем множестве принадлежит классу NP.

5.2.7. Тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Тип вопроса - множественный выбор

Для алфавита $A = \{a, b, n, o, p, m\}$ задан двоичный код $V = (01, 110, 100, 000, 0011, 1110)$.

Какие из двоичных последовательностей являются кодами слов в алфавите A ?

- 1) 1110001000 11101
- 2) 0100000111 11001
- 3) 1110001100 0100
- 4) 1110010000 10011011
- 5) 1100000011 0001110

2. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $NP = NPC \cup P$, то

- 1) $P \neq NP$;
- 2) $P = NPC$; (+)
- 3) задача о гамильтоновом цикле принадлежит классу P ; (+)
- 4) задача о независимом множестве не принадлежит классу P .

3. Тип вопроса – множественный выбор.

Если задача принадлежит классу NP, но не принадлежит NPC, то

- 1) она принадлежит P ;
- 2) она принадлежит PSPACE; (+)
- 3) к ней полиномиально сводится задача о гамильтоновом цикле;
- 4) она полиномиально сводится к задаче о вершинном покрытии. (+)

4. Тип вопроса – множественный выбор.

Для любой последовательности булевых функций $\{f_n\}$ имеет место

- 1) $L(f_n) = \Omega(n \log n)$;
- 2) $L(f_n) = O\left(\frac{2^n}{\log n}\right)$; (+)
- 3) $L(f_n) = \Omega(2^n)$;
- 4) $L(f_n) = O\left(\frac{2^n}{n^2}\right)$.

5.2.8. Тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Тип вопроса - множественный выбор

Для алфавита $A = \{a, в, н, о, р, т\}$ задан двоичный код $V = (01, 110, 100, 000, 0011, 1110)$.

Какие из следующих двоичных последовательностей являются кодами слов в алфавите A ?

- 1) 1110001000 11101
- 2) 0100000111 11001 (+)
- 3) 1110001100 0100 (+)
- 4) 1110010000 10011011
- 5) 1100000011 0001110 (+)

2. Тип вопроса - множественный выбор

Если для длин элементарных кодов некоторого кода выполняется неравенство Макмиллана, то

- 1) этот код взаимно-однозначный
- 2) этот код префиксный
- 3) существует взаимно-однозначный код с такими же длинами элементарных кодов (+)
- 4) существует префиксный код с такими же длинами элементарных кодов (+)

3. Тип вопроса - множественный выбор

Если для длин элементарных кодов некоторого кода не выполняется неравенство Макмиллана, то

- 1) этот код не взаимно-однозначный (+)
- 2) этот код не префиксный (+)
- 3) может существовать взаимно-однозначный, но не префиксный код с такими же длинами элементарных кодов
- 4) может существовать префиксный код с такими же длинами элементарных кодов

4. Тип вопроса - множественный выбор

Используя неравенство Макмиллана, указать наборы чисел L , которые могут быть спектрами длин элементарных кодов взаимно-однозначного кода.

- 1) $L = (1, 2, 4, 4, 4, 4, 4)$
- 2) $L = (4, 4, 4, 2, 2, 3)$ (+)
- 3) $L = (1, 2, 3, 6, 6, 4, 6)$ (+)
- 4) $L = (1, 2, 3, 4, 4, 5)$

5. Тип вопроса - множественный выбор

Указать, какие из заданных кодов являются префиксными.

- 1) $V = (0, 10, 11, 1110)$
- 2) $V = (01, 11, 10, 001)$ (+)
- 3) $V = (110, 011, 1011, 0100, 11011)$
- 4) $V = (10, 010, 0101, 101)$
- 5) $V = (0, 10, 11, 1110)$

6. Тип вопроса - множественный выбор

Какие из следующих кодов являются взаимно-однозначными?

- 1) (00, 01, 10) (+)
- 2) (0, 10, 10)
- 3) (0, 10, 11, 00, 01)
- 4) (0, 10, 110, 1110, 1111) (+)

7. Тип вопроса – единственный выбор

Указать стоимость кодирования для кода (0, 10, 11) при наборе частот (0,6, 0,3, 0,1).

- 1) 1, 0
- 2) 1, 2
- 3) 1, 4 (+)
- 4) 1, 6
- 5) 2, 0

8. Тип вопроса - множественный выбор

Теорема редукции

- 1) сводит задачу построения оптимального кода для данного набора частот к той же задаче для редуцированного набора частот (+)
- 2) сводит задачу построения оптимального кода для редуцированного набора частот к той же задаче для исходного набора частот
- 3) сводит задачу построения оптимального взаимно-однозначного кода к задаче построения оптимального префиксного кода
- 4) показывает, как построить оптимальный код для алфавита из k букв, если мы умеем строить оптимальные коды для алфавита из $k-1$ буквы (+)

9. Тип вопроса - множественный выбор

Выяснить, какие из кодов являются оптимальными для заданных наборов частот.

- 1) $V = (00, 01, 10, 110, 111), P = (1/4; 1/4; 1/4; 1/8; 1/8)$ (+)
- 2) $V = (0, 10, 110, 1110, 1111), P = (1/2; 1/4; 1/8; 1/16; 1/16)$ (+)
- 3) $V = (0, 100, 101, 110, 111), P = (1/5; 1/5; 1/5; 1/5; 1/5)$

10. Тип вопроса - единственный выбор

Для алфавита $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ задан двоичный код $V = (10, 101, 010, 0101)$. Выяснить, какое из следующих утверждений является верным для слова $\alpha = 1011011001$.

- 1) α является кодом ровно одного слова в алфавите A (+)
- 2) α является кодом не менее чем двух слов в алфавите A

Не существует слова в алфавите A , для которого α является кодом.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Gaks P., Lovasz L. Complexity of algorithms. 1999. – 242 с.
<http://www.cs.elte.hu/~lovasz/complexity.pdf>
2. Кузюрин Н.Н., Фомин С.А. Эффективные алгоритмы и сложность вычислений. 2016. – 369 с.
http://discopal.ispras.ru/img_auth.php/f/f4/Book-advanced-algorithms.pdf
3. К. Шеннон. Математическая теория связи / Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963. (Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948)
<http://compression.ru/download/ti.html#rus>

б) Дополнительная литература

1. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений М.: Бином, 2006. – 319 с. (4 экз.)
<http://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>
2. Skiena S.S. The algorithm design manual. 2008. – 739 с.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.471.4772&rep=rep1&type=pdf>
3. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории графов и теории кодирования в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2008. – 64 с. Рег.№ 1437.17.06.
www.unn.ru/books/resources.html

4. Жильцова Л.П. Современные проблемы теории кодирования. 2007. -80 с.
www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/6.pdf
5. Жильцова Л.П., Киселева Л.Г., Смирнова Т.Г. О работах Александра Александровича Маркова.
[www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999 west 2012 6\(1\)/21.pdf](http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/99999999 west 2012 6(1)/21.pdf)
6. Лидовский В. В. Теория информации: Учебное пособие. — М.: Компания Спутник+, 2004. — 111 с.
http://www.mccme.ru/free-books/izdano/2004/it_ebook1.pdf
7. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.
http://compression.ru/book/pdf/compression_methods_part1_2-4.pdf
8. А. А. Фомин. Основы сжатия информации. Санкт-Петербургский государственный технический университет, 1998. – 82 с.
http://compression.ru/download/articles/rev_univ/fomin_1998_compression_fundamentals.pdf

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Рецензент:

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от «30» ноября 2022 г. № 13