

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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 № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория информации

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Сопряженная разработка программного и аппаратного обеспечения

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.20 Теория информации относится к обязательной части образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	УК-1.1: Знать факты и алгоритмы теории информации для решения прикладных задач УК-1.2: уметь систематизировать факты и алгоритмы теории информации для решения прикладных задач профессиональной деятельности УК-1.3: Владеть фактами и алгоритмами теории информации	Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных	ОПК-1.1: Знать основные меры информации, понятия различных видов сложности, энтропии, различные методы кодирования информации ОПК-1.2: уметь применять факты и алгоритмы теории информации для решения прикладных задач профессиональной деятельности ОПК-1.3:	Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

	математических задач и применяет его в профессиональной деятельности	Владеть опытом применения методов теории информации для решения теоретических и прикладных задач		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	55
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	
Информация по Хартли	18	4		4	14
Коммуникационная сложность.	26	6		6	20
Энтропия Шеннона	27	6		6	21
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	0	17	55

Содержание разделов и тем дисциплины

Информация по Хартли. Доказательства нижних оценок и разработка алгоритмов на основе понятия информации по Хартли. Коммуникационная сложность. Энтропия Шеннона. Кодирование, предсказание, теория передачи информации по каналам связи. Подход к определению количества информации Колмогорова. информация по Хартли, информация по Шеннону и информация по Колмогорову; основные способы доказательства нижних оценок для алгоритмов на основе информации по Хартли; понятие коммуникационной сложности и понятие коммуникационного протокола; основные методы доказательства нижних и верхних оценок для коммуникационной сложности задач; понятие и свойства энтропии Шеннона, условной энтропии, энтропии пары с.в., общей информации; основные энтропийные неравенства и методы получения новых энтропийных неравенств; связь понятия энтропии с теорией кодирования; основные коды и средние длины их кодовых слов; задачу о предсказании одной дискретной с.в. по другой, неравенство Фано; методы кодирования по частотам диграмм; теорема Вольфа-Сляпина; теорема о собеседовании пропускной способности канала с шумом

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

При выполнении самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать конспекты лекций, а также рекомендуемый Видео курс по коммуникационной сложности, автор Н.К. Верещагин, <https://www.lektorium.tv/course/22755>.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Задано совместное распределение случайных величин (с.в.) A и B , принимающих значения из множества $\{0,1\}$. $P(A, B) = (0,0) = 1/4$. $P(A, B) = (0, 1) = 1/8$. $P(A, B) = (1/8)$. $P(A, B) = (1,1) = 1/2$.

- (а) Найдите энтропию с.в. A . ($H(A) = ?$)
- (б) Найдите энтропию с.в. B . ($H(B) = ?$)
- (в) Найдите энтропию пары с.в. $\langle A, B \rangle$. ($H(A, B) = ?$)
- (г) Найдите условную энтропию A относительно B . ($H(A|B) = ?$)
- (д) Найдите условную энтропию B относительно A . ($H(B|A) = ?$)
- (е) Найдите общую информацию A и B . ($I(A:B) = ?$)
- (ё) Зависимы ли с.в. A и B ? Почему?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Дайте оценку количества сравнений, нужных для сортировки массива из N чисел.

2. Дана строка “ВССАВАВССАВВ” в алфавите {А,В,С}. Постройте экономный код для заданной строки исходя из частот появления букв в строке. Свяжите полученный результат с энтропией распределения букв.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена полностью или решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами
не зачтено	Задача не решена или сделан первый этап решения задачи

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
---------------	--	---	--	--	--	--	---

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

Понятие информации по Хартли. Закон аддитивности. Информационный подход для задачи о сортировке. Оптимальный по числу сравнений алгоритм сортировки. Задача угадывания числа, бинарный поиск. Задача о фальшивой монетке. Взвешенный вариант задачи угадывания числа. Угадывание числа с ошибками.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Понятия коммуникационной сложности и коммуникационного протокола. Детерминированная и рандомизированная коммуникационные сложности. Примеры.
2. Методы доказательства нижних и верхних оценок коммуникационной сложности функций и предикатов. Метод трудных множеств, метод мер прямоугольников, метод ранга матрицы.
3. Нижние и верхние оценки детерминированной коммуникационной сложности для следующих предикатов и функций: предикат равенства, предикат больше, предикат четности, предикат непустоты пересечения множеств, предикат скалярного произведения по модулю 2, функция медианы двух массивов.
4. Нижние и верхние оценки рандомизированной коммуникационной сложности для предикатов равно и больше. Варианты с общим источником случайности.
5. Понятие энтропии Шеннона. Свойства энтропии. Теорема Крафта, Мак-Миллана. Связь энтропии со средней длиной кодового слова. Кодирование номером слова. Задача угадывания числа, среднее число вопросов.
6. Взаимоднозначное кодирование. Код Хаффмана, арифметический код, код Шеннона, Фано.
7. Информационные неравенства. Способы получения новых неравенств. Релятивизация.
8. Неравенство Фано. Его прикладной смысл.
9. Кодирование по частотам диграм.
10. Теорема Вольфа, Сляпина.
11. Теорема о пропускной способности канала с Шумом.
12. Сложность и понятие информации по Колмогорову.
13. Невычислимость количества информации по Колмогорову. Линейность в среднем информации по Колмогорову.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Владение основным и дополнительным материалом достаточное или с незначительными ошибками и погрешностями
не зачтено	владение материалом, необходимым по данному предмету, недостаточно. Работу за время семестра можно оценить как неудовлетворительную

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Верещагин Н. К. Информация, кодирование и предсказание / Верещагин Н. К., Щепин Е. В. - Москва : МЦНМО, 2012. - 236 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МЦНМО - Математика. - ISBN 978-5-94057-920-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=715685&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Осокин Александр Николаевич. Теория информации : Учебное пособие для вузов / Осокин А. Н., Мальчуков А. Н. - Москва : Юрайт, 2021. - 205 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-7064-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=766320&idb=0.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Курс "Основы теории информации" на платформе Stepik. URL:
<https://stepik.org/course/11488/syllabus>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Грибанов Дмитрий Владимирович, кандидат физико-математических наук
Макаров Евгений Маратович.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.