

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

директор _____ В.П. Гегель
« _____ » _____ 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория информации

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Инженерия программного обеспечения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2018 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория информации» относится к вариативной части ОПОП бакалавриата по направлению подготовки «Фундаментальная информатика и информационные технологии». Обязателен для освоения в третьем семестре второго года обучения.

Целью дисциплины «Теория информации» является ознакомление студентов с понятиями и фактами, являющимися основой современной теории информации и играющими важную роль в ее приложениях.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

<i>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций</i>
ОПК-3 <i>этап начальный</i> <i>способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</i>	УМЕТЬ <i>У1(ОПК-3) уметь применять факты и алгоритмы теории информации для решения прикладных задач профессиональной деятельности</i> ВЛАДЕТЬ <i>В1(ОПК-3) владеть опытом применения методов теории информации для решения теоретических и прикладных задач</i>
ПК-1 <i>этап начальный</i> <i>способность к ведению научно-исследовательской деятельности в области фундаментальной информатики и информационных технологий:</i> <i>понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат,</i>	ЗНАТЬ <i>З1(ПК-1-1) знать основные меры информации, такие как 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</i>

<p>фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий (ПК-1-1);</p>	<p>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; теореме Вольфа-Сляпина; теореме о пропускной способности канала с шумом;</p> <p>УМЕТЬ</p> <p>У1(ПК-1-1) способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели для задач связанных с теорией информации</p> <p>У2(ПК-1-1) способность распознавать и анализировать сложность прикладных и теоретических задач теории информации</p>
--	--

3. Структура и содержание дисциплины «Теория информации»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 17 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятия лекционного типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 55 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Контроль		

Информация по Хартли. Доказательства нижних оценок и разработка алгоритмов на основе понятия информации по Хартли.	22	4	0	0	0	4	18
Коммуникационная сложность.	24	6	0	0	0	6	18
Энтропия Шеннона. Кодирование, предсказание, теория передачи информации по каналам связи. Подход к определению количества информации Колмогорова	25	6	0	0	0	6	19
В т.ч. текущий контроль 2 ч.							
Промежуточная аттестация: <u>зачет</u>							

4. Образовательные технологии

Используются образовательные технологии в форме лекций. Лекционные занятия в основном проводятся в форме лекции-информации. Лекция ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

- Подготовка к лекциям;
- Изучение дополнительных тем, указанных преподавателем;
- Выполнения домашних контрольных работ;
- Выполнение индивидуальных заданий;
- Подготовка и промежуточной аттестации в форме зачета.

5.2. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

Образовательные материалы совпадают с учебно-методическим обеспечением дисциплины и указаны в разделе 7.

5.3. Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета

В качестве методических материалов при подготовке к зачету рекомендуется использовать собственные конспекты лекций и источники, рекомендованные в списке литературы раздела 7.

5.4. Вопросы для контроля:

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.
2. Понятия коммуникационной сложности и коммуникационного протокола. Детерминированная и рандомизированная коммуникационные сложности. Примеры.
3. Методы доказательства нижних и верхних оценок коммуникационной сложности функций и предикатов. Метод трудных множеств, метод мер прямоугольников, метод ранга матрицы.
4. 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.
5. Нижние и верхние оценки рандомизированной коммуникационной сложности для предикатов равно и больше. Варианты с общим источником случайности.
6. 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.
7. Взаимооднозначное кодирование. Код Хаффмана, арифметический код, код Шеннона, Фано.
8. Информационные неравенства. Способы получения новых неравенств. Релятивизация.
9. Неравенство Фано. Его прикладной смысл.
10. Кодирование по частотам диграмм.
11. Теорема Вольфа, Сляпина.
12. Теорема о пропускной способности канала с Шумом.
13. Сложность и понятие информации по Колмогорову.
14. Невычислимость количества информации по Колмогорову. Линейность в среднем информации по Колмогорову.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их

формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Оценка уровня формирования компетенции ПК- 1

Уровень сформированности компетенции ПК-1-1 проверяется при выполнении домашних контрольных работ, а также при ответах на контрольные вопросы во время итоговой аттестации в форме зачета. Уровню сформированности компетенции ПК-1-1 дается экспертная оценка преподавателем. Оценка не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень сформированности компетенции ПК-1-1 можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий».

<i>Показатели обучения, характеризующие ПК-1-1</i>	<i>Показатели уровня формирования компетенции</i>	<i>Характеристика уровня формирования компетенции</i>
ЗНАТЬ <i>З1(ПК-1-1) знать основные меры информации, такие как 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 диаграмм; теорему Вольфа-Сляпина; теорему о</i>	Отсутствие знаний базового материала, отсутствие способности решения стандартных задач.	Недостаточный.
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач.	Низкий
	Знание основных понятий, фактов и методов З1, но со значительным количеством ошибок не грубого характера. Демонстрация умений У1,У2 на нормальном уровне с рядом негрубых ошибок.	Умеренный
	Знание основных понятий, фактов и	Достаточный

<i>пропускной способности канала с шумом;</i> УМЕТЬ <i>У1(ПК-1-1) способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели для задач связанных с теорией информации</i> <i>У2(ПК-1-1) способность распознавать и анализировать сложность прикладных и теоретических задач теории информации</i>	методов предметной 31 области с рядом погрешностей. Демонстрация умений У1,У2 с незначительными погрешностями.	
	Знание 31 без ошибок и погрешностей. Демонстрация умений У1,У2 на высоком уровне.	Высокий

Оценка уровня формирования компетенции ОПК- 3

Уровень сформированности компетенции ОПК-3 проверяется при выполнении домашних контрольных работ, а также при ответах на контрольные вопросы во время итоговой аттестации в форме зачета. Уровню сформированности компетенции ОПК-3 дается экспертная оценка преподавателем. Оценка не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень сформированности компетенции ОПК-3 можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий».

<i>Показатели обучения, характеризующие ОПК-3</i>	<i>Показатели уровня формирования компетенции</i>	<i>Характеристика уровня формирования компетенции</i>
УМЕТЬ <i>У1(ОПК-3) уметь применять факты и алгоритмы теории информации для решения прикладных задач профессиональной деятельности</i> ВЛАДЕТЬ	Отсутствие знаний базового материала, отсутствие способности решения стандартных задач.	Недостаточный.
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач.	Низкий

<i>В1(ОПК-3) владеть опытом применения методов теории информации для решения теоретических и прикладных задач</i>	Демонстрация умений У1 и владений В1 на нормальном уровне с рядом негрубых ошибок.	Умеренный
	Демонстрация умений У1 и владений В1 на хорошем уровне с рядом незначительных ошибок.	Достаточный
	Демонстрация умений У1 и владений В1 на высоком уровне.	Высокий

По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «умеренный» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «низкий» и «недостаточный»).

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

1. уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
2. уровень понимания студентами изученного материала;
3. способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме. Зачет заключается в ответе студентом на простые контрольные вопросы по курсу. На результат также влияют результаты контрольных работ, сделанных ранее студентом.

Ниже в форме таблицы приведена шкала оценивания при промежуточной аттестации в форме зачета.

Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	Все контрольные работы по курсу выполнены полностью. На контрольные вопросы по курсу получены правильные ответы.
Не зачтено	По контрольным имеется задолженность, не получено правильного ответа на контрольные вопросы.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются контрольные вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются контрольные работы.

Критерии оценок выполнения контрольной работы
(каждая задача оценивается в 2 балла)

Решена полностью	2
Решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами	1,5
Решена задача наполовину	1
Сделан первый этап в решении задачи	0,5
Нет решения	0

Суммарная оценка выполнения контрольной работы

Количество баллов	Оценка
10	Превосходно
8.5-9.5	Отлично
7.5-8	Очень хорошо
6.5-7	Хорошо
5.5-6	Удовлетворительно
2-5	Неудовлетворительно
0-1.5	Плохо

- 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

6.4.1. Примеры контрольных вопросов для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ПК-1-1) и умений У1,У2(ПК-1-1) формирования ПК-1-1.

1. Дайте нижнюю и верхнюю информационные оценки количества сравнений, нужных для сортировки массива из N чисел.
2. Алиса загадывает число от 1 до 1000. Боб пытается отгадать загаданное Алисой число задавая любые вопросы с ответами «ДА» и «НЕТ». Причем за ответ «ДА» Алиса берет у боба 1 монету а за ответ «НЕТ» - 2 монеты. Как Боб должен задавать вопросы, чтобы сэкономить как можно больше денег.
3. Найдите детерминированную коммуникационную сложность предиката равенства. Найдите рандомизированную коммуникационную сложность того же предиката.

6.4.2. Примеры контрольных работ для оценивания результатов обучения в виде умений и владений У1(ОПК-3), В1(ОПК-3) формирования ОПК-3.

Вариант А

Задано совместное распределение случайных величин (с.в.) А и В, принимающих значения из множества $\{0,1\}$.

A\B	0	1
0	1/4	1/8
1	1/8	1/2

1. Найдите энтропию с.в. А. ($H(A) = ?$)
2. Найдите энтропию с.в. В. ($H(B) = ?$)
3. Найдите энтропию пары с.в. $\langle A, B \rangle$. ($H(A, B) = ?$)
4. Найдите условную энтропию А относительно В. ($H(A|B) = ?$)
5. Найдите условную энтропию В относительно А. ($H(B|A) = ?$)
6. Найдите общую информацию А и В. ($I(A:B) = ?$)
7. Зависимы ли с.в. А и В? Почему?
8. Алиса и Боб загадали два целых числа, находящихся в интервале $[0, 54)$. Какое минимальное число бит они должны переслать друг другу, чтобы убедиться в том, что загаданные числа совпадают? Другими словами, найдите коммуникационную сложность предиката EQ в данной ситуации.
9. Алиса загадала целое число из интервала $[0, 97)$. Какое минимальное количество вопросов должен задать Боб, чтобы угадать загаданное Алисой число?
10. Какое количество информации по Хартли получает Боб узнавая загаданное Алисой число?

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014.

http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Н.К. Верещагин, Е.В. Щепин. Информация, кодирование, предсказание / Москва, ФМОП МЦНМО, 2012. <https://e.lanbook.com/book/71863#authors>

б) Дополнительная литература:

1 Молдовян А. А., Молдовян Н. А., Советов Б. Я - Криптография. - СПб.: Лань, 2000. - 219, [5] с. (19 экз.)

б) Онлайн лекционные курсы

1. Видео курс по коммуникационной сложности, автор Н.К. Верещагин, <https://www.lektorium.tv/course/22755>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Авторы программы:

к.ф.-м.н. Д.В. Грибанов

Зав. кафедрой АГДМ

д.ф.-м. н. М.И. Кузнецов

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от 20 июня 2018 года, протокол № 10