



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Коды с исправлением ошибок» для направления 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профили 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Правительство Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

Программа дисциплины Коды с исправлением ошибок

для направления 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профили 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Автор программы: Верещагин Н.К., д.ф.-м.н., nikolay.vereshchagin@gmail.com

Одобрена на заседании Академического совета аспирантской школы по компьютерным наукам «19» октября 2015 г.

Москва, 2015

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям аспиранта по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профили 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и аспирантов направления 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профили 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», 05.13.17 «Теоретические основы информатики», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ;
- Образовательной программой направления 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки аспиранта.
- Учебным планом подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профили 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» утвержденным в 2015 г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Коды с исправлением ошибок» являются

- Ознакомление с постановками задач в области кодов со стираниями;
- Ознакомление с постановками задач в области кодов с исправлением ошибок;
- Изучение основных нижних и верхних оценок на параметры кодов с исправлением ошибок;
- Ознакомление с наиболее известными кодами с исправлением ошибок.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

- Знать основные верхние и нижние оценки параметров кодов, исправляющих ошибки или стирания;
- Уметь строить простейшие коды, исправляющие ошибки или стирания;
- Владеть навыками построения эффективных кодов (для которых есть быстрые алгоритмы кодирования и декодирования) с исправлением ошибок с данными параметрами;
- Применять коды с исправлением ошибок для построения трудных в среднем задач.



В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способность разрабатывать и применять методы повышения эффективности и надежности процессов обработки и передачи данных и знаний в вычислительных машинах, комплексах и компьютерных сетях	ПК-3	Понимает постановки главных задач в теории кодирования и передачи информации Адекватно оценивает корректность использования тех или иных кодов	Компетенция формируется в любом сегменте учебного процесса Вырабатывается в процессе решения задач, самостоятельного чтения
Способность проводить исследования методов преобразования информации в данные и знания, моделей данных и знаний, методов работы со знаниями, методов машинного обучения и обнаружения новых знаний, принципов создания и функционирования программных средств автоматизации указанных процессов	ПК-4	Оценивает строгость и корректность любых текстов в области кодирования Правильно формулирует собственные результаты	Компетенция формируется в любом сегменте учебного процесса Формируется в процессе сдачи решений задач

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к вариативной части для направления «09.06.01 Информатика и вычислительная техника», обязательной для обучающихся профилей 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- базовые курсы алгебры и математического анализа.



Желательно, но не необходимо также знакомство с некоторыми основными понятиями и результатами из курсов дискретной математики и теории вероятностей.

5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции и	Семинары	Практические занятия	
1	Коды с исправлением ошибок: верхние и нижние оценки	22	6			16
2	Коды на границе Варшамова – Гилберта и вблизи нее	14	4			10
3	Коды БЧХ и Адамара	22	6			16
4	Декодирование списком с исправлением ошибок	22	6			16
5	Локально декодируемые и корректируемые коды	36	12			24
	Итого:	114	32			82

6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	Параметры
Текущий	7 домашних заданий	Письменные задания, выдаваемые студентам на дом. Срок сдачи каждого задания – 14 дней. Срок проверки заданий – в течение недели со дня сдачи.
В конце курса	Экзамен	Беседа с преподавателем (всего 1,5-2 часа)

6.1 Критерии оценки знаний, навыков

Текущий контроль: за все домашние задания выставляется одна общая оценка по 10-ти балльной шкале, равная доле правильно решенных задач, умноженной на 10.

Основная форма текущего контроля – решение задач из домашних заданий (всего 11 задач, примерно по одной задаче по каждому из разделов курса). Задачи подбираются так, чтобы их решение потребовало от студента свободного владения основными понятиями и умения пользоваться техническими (вычислительными) приемами, которые изучаются в соответствующем разделе курса. Обсуждение подходов к решению этих задач происходит во время консультаций.

Экзамен оценивается по 10-ти балльной шкале и состоит из десяти теоретических вопросов. На каждый вопрос дается пять-десять минут на подготовку. Студент в очной беседе с преподавателем отвечает на вопросы. Оценка, выставляемая за экзамен, равна количеству правильно отвеченных вопросов. Время, отводимое на экзамен, — 1½ часа.



6.2 Порядок формирования оценок по дисциплине

Оценка за курс является средним арифметическим оценки текущего контроля и оценки за экзамен.

7 Содержание дисциплины

7.1 Раздел 1. Коды с исправлением ошибок: верхние и нижние оценки

Оценка Хэмминга. Коды Хэмминга. Оценка Синглтона. Коды Рида – Соломона. Эффективное исправление ошибок и стираний в коде Рида-Соломона. Оценка Гилберта. Оценка Варшамова – Гилберта (вероятностное доказательство).

7.2 Раздел 2. Коды на границе Варшамова – Гилберта и вблизи нее

Коды Возенкрафта для скорости $1/2$. Коды Возенкрафта для любой скорости, выражаемым рациональным числом с небольшим знаменателем. Коды Форни. Эффективное декодирование кодов Форни. Коды Форни – Возенкрафта – Юстесена.

7.3 Раздел 3. Коды БЧХ и Адамара

Коды БЧХ. Код Адамара. Вероятностный алгоритм декодирования кода Адамара.

7.4 Раздел 4. Декодирование списком с исправлением ошибок

Декодирование списком с исправлением ошибок. Аналоги оценок Хэмминга и Гилберта. Декодирование списком кода с данным расстоянием. Оценка Плоткина. Обобщение оценки Плоткина для относительного кодового расстояния $1/2$. Кривая Плоткина. Оценка Элайеса – Бассальго.

7.5 Раздел 5. Локально декодируемые и корректируемые коды

Экспандерные коды. Связь кодового расстояния с параметрами экспандера. Локально декодируемые и корректируемые коды. Связь этих понятий. Связь с количеством исправляемых ошибок. Коды Рида – Маллера. Три процедуры локальной коррекции ошибок для этих кодов. Быстрый алгоритм исправления ошибок в экспандерном коде. Параметры экспандерных кодов. Декодирование списком кодов Адамара за полиномиальное от длины сообщения время. Соотношение кодов БЧХ и кодов Хемминга.

8 Образовательные технологии

На лекции обсуждаются ключевые понятия и технические выкладки разбираемой темы, даются необходимые определения, разбираются поучительные примеры. Аспирантам на дом даются задачи для самостоятельного разбора, содержащие как упражнения для усвоения пройденного материала, так и нестандартные задачи, позволяющие проверить уровень общего понимания предмета и требующие изучения дополнительного материала. Некоторые задачи предваряют (продолжают) тематику лекций. Аспирант сдает задачи в виде письменных домашних работ.



9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Тематика заданий текущего контроля

Примерный список задач

1. Построить код с параметрами $n = k+1$, исправляющему одно стирание.
2. Постройте алгоритм, который за полиномиальное от n количество операций исправляет в коде Рида-Соломона e ошибок и b стираний, для любых данных e, b , удовлетворяющих неравенству $2e+b$ меньше d .
3. Найдите 9 кодовых слов длины 3 в трехбуквенном алфавите, расстояние Хэмминга между любой парой которых не меньше двух.
4. Доказать, что если существует код с параметрами n, k, e, q , то существует код с параметрами $n-2, k, e-1, q$.
5. Докажите, что для любого кода с расстоянием d , по кодовому слову, в котором сделали e ошибок и s стираний, можно восстановить исходное слово, если $2e+s$ меньше d . Докажите, что для кода Рида-Соломона это можно сделать за полиномиальное время.
6. Найти наибольшую скорость передачи k/n для кодов Форни с относительными кодовыми расстояниями равными $d/n=1/50$, $d/n=1/20$, $d/n=1/10$, $d/n=1/5$, $d/n=3/10$.
7. Доказать оценку Плоткина для алфавита произвольной мощности q : для всех $b > 1-1/q$ и всех n количество кодовых слов в любом коде с относительным расстоянием $d/n=b$ не превосходит $1+1/(bq/(q-1)-1)$
8. Доказать, что для алфавита мощности q для всех n количество кодовых слов в любом коде с относительным расстоянием $d/n \geq 1-1/q$ не превосходит $2n(q-1)$.
9. Доказать, что для любого кода с параметрами k, n, d над q -буквенным алфавитом выполнено неравенство $k/n + (q/(q-1))(d/n) < 1 + (\log_q 3q^{2n})/n$
10. Найти параметры каскадного кода, в котором внешний код является кодом Рида-Соломона (с произвольной скоростью передачи), а внутренний код - кодом Адамара.
11. Доказать, что кривая Элайеса-Бассальго (ее уравнение $k/n + H(1/2 - \sqrt{1-2d/n})/2 = 1$) лежит левее прямой $k/n + 2d/n = 1$

9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к экзамену.

1. Параметры кодов Хемминга
2. Оценка Хемминга.
3. Оценка Варшамова - Гилберта
4. Оценка Плоткина
5. NP полнота задачи коммивояжера.
6. NP полнота задачи раскраски графа в три цвета.
7. Коды BCH



8. Коды Рида — Маллера.
9. Коды Форни
10. Коды Возенкрафта

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Sergey Yekhanin, *Locally decodable codes*, NOW Publishers, 2010.

Дополнительная литература:

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. - Алгоритмы: построение и анализ (изд. 2-е), Москва, «Вильямс», 2005

Литература для самостоятельного изучения:

1. А. Китаев, А. Шень, М. Вялый, «Классические и квантовые вычисления», Москва, Изд-во МНЦМО, 1999
2. А. Ромашенко, А. Румянцев, А. Шень. «Заметки по теории кодирования». Москва, Изд-во МЦНМО, 2011.
3. Madhu Sudan, A Crash Course on Coding Theory, <http://people.csail.mit.edu/madhu/coding/ibm/>
4. *Shu Lin, Daniel J. Costello, Jr. (1983). Error Control Coding: Fundamentals and Applications. Prentice Hall. ISBN 0-13-283796-X.*

10.1 Справочники, словари, энциклопедии

При освоении курса могут быть полезны материалы по темам, размещенные в онлайн энциклопедиях
<http://www.wikipedia.org>,

10.2 Программные средства

При решении некоторых задач нужно умение пользоваться программой «Математика».

10.3 Дистанционная поддержка дисциплины

Специальные дистанционные ресурсы не предусмотрены. Однако должна быть обеспечена возможность дистанционных консультаций по электронной почте и-или через skype.

11 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения семинаров не используется специальное оборудование, кроме, возможно, компьютерного проектора и системы видеозаписи учебных занятий.