

Министерство образования и науки Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 231000 — Программная инженерия

Белгород
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем

Утверждено
научно-методическим советом
университета

ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 231000 — Программная инженерия

Белгород
2013

УДК 004.5
ББК 32.811.4
Т 33

Составители: канд. физ.-мат. наук, доц. Е. Н. Сергиенко
инженер С. А. Косолапов
студент А. Седых

Рецензент д-р техн. наук, проф. В. Г. Рубанов

Теория информации: методические указания к выполнению
Т33 лабораторных работ для студентов специальности 231000 —
Программная инженерия / сост.: Е. Н. Сергиенко,
С. А. Косолапов, А. Седых. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. —
49 с.

Методические указания содержат описание, требования к выполнению лабораторных работ по курсу «Теория информации», контрольные вопросы, а также темы индивидуальных домашних заданий.

Методические указания предназначены для студентов специальности 231000 — Программная инженерия.

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 004.5
ББК 32.811.4

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. Шухова, 2013

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	4
Лабораторная работа № 1. Связь с теорией вероятностей.	4
Лабораторная работа № 2. Канальные матрицы.	8
Лабораторная работа № 3. Алгоритм Шеннона-Фано.	15
Лабораторная работа № 4. Алгоритм Хаффмана.	20
Лабораторная работа № 5. Арифметическое кодирование.	24
Лабораторная работа № 6. Код Хемминга.	28
Лабораторная работа № 7. Циклические коды.	30
Лабораторная работа № 8. Коды БЧХ (Боуза-Чоудхури- Хоккингема).	32
Лабораторная работа № 9. Кодирование непрерывных сообщений.	33
ПРИЛОЖЕНИЯ	39
Приложение 1. Самостоятельная работа студентов.	39
Приложение 2. Полезная информация	42
Библиографический список	47

ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа курса теории информации предусматривает выполнение девятилабораторных работ и одного индивидуального домашнего задания. Цель методических указаний – организовать самостоятельную работу студента по выполнению практических заданий и лабораторных работ, помочь овладеть каждым этапом алгоритма реализуемого метода. Поэтому в данных методических указаниях задания подробно сформулированы и иногда прокомментированы.

Методические указания содержат по 25 вариантов исходных данных для выполнения лабораторных работ.

В приложении приводятся темы для индивидуальных домашних заданий, пример оформления отчета, а также график сдачи индивидуальных домашних заданий и лабораторных работ.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнение лабораторной работы предполагает предварительное изучение соответствующего раздела курса. Студенту необходимо повторить теоретические сведения по теме лабораторной работы из раздела практических заданий.

Далее студент выполняет своё индивидуальное задание и оформляет отчёт о лабораторной работе.

Во время защиты лабораторной работы студент предъявляет отчет о лабораторной работе, отвечает на вопросы преподавателя и демонстрирует работу программы.

Лабораторная работа № 1

Теория информации. Связь с теорией вероятностей

Цель работы: научиться вычислять количество информации дискретного источника.

Задания к работе

1. Решить задачи соответствующего варианта. Номера задач указаны в таблице:

Вариант	1	2	3	4		Вариант	1	2	3	4
1	1.1	2.1	11	12		14	1.2	2.2	5	7
2	1.2	2.2	10	9		15	1.3	2.3	3	4
3	1.3	2.3	6	8		16	1.4	2.4	11	12
4	1.4	2.4	5	7		17	1.5	2.5	10	9
5	1.5	2.5	3	4		18	1.6	2.6	6	8
6	1.6	2.6	11	12		19	1.7	2.7	5	7
7	1.7	2.7	10	9		20	1.8	2.8	3	4
8	1.8	2.8	6	8		21	1.9	2.9	11	12
9	1.9	2.9	5	7		22	1.1	2.1	10	9
10	1.1	2.1	3	4		23	1.11	2.11	6	8
11	1.11	2.11	11	12		24	1.12	2.12	5	7
12	1.12	2.12	10	9		25	1.1	2.1	3	4
13	1.1	2.1	6	8						

Список задач

1. Определить количество информации (по Хартли), содержащееся в системе, информационная ёмкость которой характеризуется десятичным числом Q . Закодировать это число по двоичной системе счисления. Выявить связь между количеством информации числа и количеством знаков в двоичной записи этого числа.

№	1	2	3	4	5	6
Q	123	321	456	654	789	987

№	7	8	9	10	11	12
Q	147	741	258	852	369	963

2. Определить количество информации, содержащееся в сообщении, использующем три независимых символа S_1 , S_2 , S_3 . Известны вероятности появления символов $P(S_1)=P_1$, $P(S_2)=P_2$, $P(S_3)=P_3$. Оценить избыточность сообщения.

- 2.1 $P_1=0.1, P_2=0.4, P_3=0.5$;
- 2.2 $P_1=0.3, P_2=0.4, P_3=0.3$;
- 2.3 $P_1=0.1, P_2=0.1, P_3=0.8$;
- 2.4 $P_1=0.7, P_2=0.1, P_3=0.2$;
- 2.5 $P_1=0.9, P_2=0.05, P_3=0.05$;
- 2.6 $P_1=0.6, P_2=0.2, P_3=0.2$;
- 2.7 $P_1=0.2, P_2=0.7, P_3=0.1$;
- 2.8 $P_1=0.4, P_2=0.3, P_3=0.3$;
- 2.9 $P_1=0.5, P_2=0.3, P_3=0.2$;
- 2.10 $P_1=0.8, P_2=0.05, P_3=0.15$;
- 2.11 $P_1=0.2, P_2=0.5, P_3=0.3$;
- 2.12 $P_1=0.3, P_2=0.6, P_3=0.1$.

3. В урне 5 красных, 8 чёрных и 10 белых шаров. Выбирают без возвращения 2 шара и фиксируют их цвета (без учёта порядка). Случайная величина A есть пара цветов. Найти $H(A)$.

4. Дискретная случайная величина A равна количеству гербов, выпавших на двух идеальных монетах. Найти $H(A)$.

5. В урне 10 белых, 6 черных и 8 красных шаров. Из урны наудачу без возвращения выбирают 3 шара. Случайная величина A равна количеству белых шаров среди извлеченных. Найти $H(A)$.

6. В урне 6 черных и 4 белых шара. Один за одним без возвращения выбирают 2 шара и фиксируют их цвета. Пусть A обозначает цвет первого шара, а B – второго. Вычислить $H(A)$ и $H(B)$.

7. Грани идеального тетраэдра помечены числами от 1 до 4. При его подбрасывании фиксируется число на нижней грани. Случайная величина A равна сумме чисел, полученных подбрасыванием двух тетраэдров. Найти $H(A)$.

8. Идеальная кость подбрасывается один раз. Случайная величина A равна 1, если выпавшее число делится на 3, и равна 0 в противном случае. Найти $H(A)$.

9. Стрелок попадает в мишень приодним выстреле с вероятностью 0,6. Стрелку выдали 5 патронов и он стреляет по мишени до первого попадания. Случайная величина A равна количеству израсходованных патронов. Найти $H(A)$.

10. В урне 4 белых, 6 красных и 5 черных шаров. Наудачу с возвращением выбирают 2 шара и фиксируют их цвета (без учета порядка). Случайная величина A есть пара цветов. Найти $H(A)$.

11. В урне 7 белых и 5 черных шаров. Случайно выбирают с возвращением 2 шара. Случайно выбирают с возвращением 2

шара. Случайная величина A обозначает цвет первого шара, а B – цвет второго. Найти $H(A)$ и $H(B)$. Объясните результат.

12. Производится два независимых случайных бросания идеальной кости. Случайная величина A равна сумме очков, выпавших при двух бросаниях. Вычислить $H(A)$.

2. Создать подпрограмму для вычисления энтропии дискретного источника с алфавитом произвольного размера. Создать программу для демонстрации работы подпрограммы. Задачи на вычисление энтропии, решённые вручную, использовать как тестовые данные.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Подробное решение задач из списка согласно варианту. Решение задачи состоит в условии, выборе метода решения и всех необходимых для решения формул, записи хода решения и ответа.
4. Искользованные структуры данных и спецификация подпрограм-мы.
5. Код программы.

Вопросы к защите

1. Определение понятия информации.
2. Канал связи, шумы.
3. Символы, сообщения, сигналы.
4. Общая схема передачи информации.
5. Ситуации, выделяющие различность количества информации.
6. Источник информации. Дискретный источник информации.
7. Чем характеризуется дискретный источник информации?
8. Причины возникновения меры количества информации.
9. Требования к мере количества информации.
10. Мера Хартли. Основной недостаток меры Хартли.
11. Собственная информация по Шеннону. Свойства собственной информации.
12. Энтропия. Возникновение термина и связь со статистической физикой.
13. Формула расчёта энтропии дискретного источника. Свойства энтропии.

Лабораторная работа № 2

Канальные матрицы

Цель работы: научиться работать с различными канальными матрицами, вычислять характеристики источника и приёмника информации.

Задания к работе

1. По известным данным задачи восстановить оставшиеся канальные матрицы и вероятности.
2. Найти информационные характеристики канала связи:
 - 1) энтропию источника $H(A)$;
 - 2) энтропию приёмника $H(B)$;
 - 3) условную энтропию $H(A/B)$;
 - 4) условную энтропию $H(B/A)$;
 - 5) взаимную энтропию $H(A,B)$;
 - 6) взаимную информацию $I(A,B)$.

Список задач Вариант №1

Задача 1			Задача 2				Задача 3																																							
<table><tr><th colspan="3">P(B/A)</th></tr><tr><td>0.57</td><td>0.05</td><td>0.38</td></tr><tr><td>0.31</td><td>0.65</td><td>0.04</td></tr><tr><td>0.06</td><td>0.24</td><td>0.7</td></tr></table>			P(B/A)			0.57	0.05	0.38	0.31	0.65	0.04	0.06	0.24	0.7	<table><tr><th colspan="4">P(A/B)</th></tr><tr><td>0.65</td><td>0.38</td><td>0.07</td><td>0.3</td></tr><tr><td>0.08</td><td>0.39</td><td>0.13</td><td>0.05</td></tr><tr><td>0.01</td><td>0.13</td><td>0.68</td><td>0.32</td></tr><tr><td>0.26</td><td>0.1</td><td>0.12</td><td>0.33</td></tr></table>				P(A/B)				0.65	0.38	0.07	0.3	0.08	0.39	0.13	0.05	0.01	0.13	0.68	0.32	0.26	0.1	0.12	0.33	<table><tr><th colspan="2">P(A,B)</th></tr><tr><td>0.23</td><td>0.28</td></tr><tr><td>0.45</td><td>0.04</td></tr></table>		P(A,B)		0.23	0.28	0.45	0.04
P(B/A)																																														
0.57	0.05	0.38																																												
0.31	0.65	0.04																																												
0.06	0.24	0.7																																												
P(A/B)																																														
0.65	0.38	0.07	0.3																																											
0.08	0.39	0.13	0.05																																											
0.01	0.13	0.68	0.32																																											
0.26	0.1	0.12	0.33																																											
P(A,B)																																														
0.23	0.28																																													
0.45	0.04																																													
<table><tr><th>p(a1)</th><th>p(a2)</th><th>p(a3)</th></tr><tr><td>0.76</td><td>0.05</td><td>0.19</td></tr></table>			p(a1)	p(a2)	p(a3)	0.76	0.05	0.19	<table><tr><th>p(b1)</th><th>p(b2)</th><th>p(b3)</th><th>p(b4)</th></tr><tr><td>0.6</td><td>0.09</td><td>0.28</td><td>0.03</td></tr></table>				p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)	0.6	0.09	0.28	0.03																										
p(a1)	p(a2)	p(a3)																																												
0.76	0.05	0.19																																												
p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)																																											
0.6	0.09	0.28	0.03																																											

Вариант №2

Задача 1		Задача 2				Задача 3		
P(B/A)		P(A/B)				P(A,B)		
0.52	0.48	0.91	0.08	0.15	0.04	0.11	0.13	0.09
0.46	0.54	0.03	0.89	0.31	0.04	0.04	0.04	0.25
		0.02	0.02	0.36	0.05	0.21	0.11	0.02
		0.04	0.01	0.18	0.87			
		p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)			
		0.73	0.11	0.14	0.02			
p(a1) p(a2)								
0.89	0.11							

Вариант №3

Задача 1				Задача 2		Задача 3		
P(B/A)				P(A/B)		P(A,B)		
0.53	0.04	0.01	0.42	0.95	0.09	0.06	0.15	0.12
0.33	0.37	0.18	0.12	0.05	0.91	0.16	0.11	0.06
0.07	0.24	0.51	0.18			0.32	0.0	0.02
0.06	0.02	0.22	0.7					
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)	p(b1)	p(b2)			
0.82	0.16	0.01	0.01	0.21	0.79			

Вариант №4

Задача 1		Задача 2			Задача 3			
P(B/A)		P(A/B)			P(A,B)			
0.81	0.19	0.71	0.33	0.0	0.12	0.11	0.0	0.02
0.28	0.72	0.12	0.49	0.04	0.14	0.01	0.01	0.09
		0.17	0.18	0.96	0.16	0.07	0.01	0.01
p(a1)	p(a2)	p(b1)	p(b2)	p(b3)	0.02	0.13	0.01	0.09
0.08	0.92	0.72	0.13	0.15				

Вариант №5

Задача 1			Задача 2				Задача 3	
P(B/A)			P(A/B)				P(A,B)	
0.7	0.13	0.17	0.97	0.35	0.06	0.07	0.01	0.48
0.45	0.5	0.05	0.01	0.41	0.14	0.04	0.15	0.36
0.22	0.33	0.45	0.0	0.14	0.7	0.23		
			0.02	0.1	0.1	0.66		
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)		
0.5	0.16	0.79	0.01	0.88	0.08	0.03		

Вариант №6

Задача 1		Задача 2				Задача 3		
P(B/A)		P(A/B)				P(A,B)		
0.72	0.28	0.64	0.11	0.02	0.01	0.33	0.0	0.01
0.11	0.89	0.15	0.79	0.17	0.0	0.06	0.1	0.18
		0.05	0.1	0.74	0.02	0.18	0.01	0.13
		0.16	0.0	0.07	0.9			
p(a1)	p(a2)	p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)			
0.1	0.9	0.7	0.1	0.05	0.15			

Вариант №7

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.8	0.06	0.03	0.11	0.75	0.37	0.06	0.08	0.42			
0.24	0.38	0.19	0.19	0.02	0.5	0.1	0.17	0.33			
0.05	0.29	0.59	0.07	0.23	0.13	0.84					
0.01	0.0	0.39	0.6	p(b1)	p(b2)	p(b3)					
				0.91	0.0	0.09					
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)								
0.35	0.48	0.14	0.03								

Вариант №8

Задача 1		Задача 2				Задача 3																																								
<table><tr><th colspan="2">P(B/A)</th></tr><tr><td>0.77</td><td>0.23</td></tr><tr><td>0.34</td><td>0.66</td></tr></table>		P(B/A)		0.77	0.23	0.34	0.66	<table><tr><th colspan="4">P(A/B)</th></tr><tr><td>0.53</td><td>0.28</td><td>0.03</td><td>0.05</td></tr><tr><td>0.16</td><td>0.65</td><td>0.06</td><td>0.01</td></tr><tr><td>0.08</td><td>0.06</td><td>0.87</td><td>0.2</td></tr><tr><td>0.23</td><td>0.01</td><td>0.04</td><td>0.74</td></tr></table>				P(A/B)				0.53	0.28	0.03	0.05	0.16	0.65	0.06	0.01	0.08	0.06	0.87	0.2	0.23	0.01	0.04	0.74	<table><tr><th colspan="3">P(A,B)</th></tr><tr><td>0.3</td><td>0.0</td><td>0.03</td></tr><tr><td>0.04</td><td>0.03</td><td>0.27</td></tr><tr><td>0.09</td><td>0.05</td><td>0.19</td></tr></table>			P(A,B)			0.3	0.0	0.03	0.04	0.03	0.27	0.09	0.05	0.19
P(B/A)																																														
0.77	0.23																																													
0.34	0.66																																													
P(A/B)																																														
0.53	0.28	0.03	0.05																																											
0.16	0.65	0.06	0.01																																											
0.08	0.06	0.87	0.2																																											
0.23	0.01	0.04	0.74																																											
P(A,B)																																														
0.3	0.0	0.03																																												
0.04	0.03	0.27																																												
0.09	0.05	0.19																																												
<table><tr><td>p(a1)</td><td>p(a2)</td></tr><tr><td>0.79</td><td>0.21</td></tr></table>	p(a1)	p(a2)	0.79	0.21	<table><tr><td>p(b1)</td><td>p(b2)</td><td>p(b3)</td><td>p(b4)</td></tr><tr><td>0.33</td><td>0.23</td><td>0.42</td><td>0.02</td></tr></table>				p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)	0.33	0.23	0.42	0.02																														
p(a1)	p(a2)																																													
0.79	0.21																																													
p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)																																											
0.33	0.23	0.42	0.02																																											

Вариант №9

Задача 1				Задача 2				Задача 3				
P(B/A)				P(A/B)						P(A,B)		
0.83	0.17			0.48	0.38	0.01	0.19			0.04	0.12	0.17
0.47	0.53			0.04	0.42	0.05	0.02			0.2	0.09	0.04
				0.01	0.17	0.92	0.2			0.14	0.08	0.12
				0.47	0.03	0.02	0.59					
p(a1)		p(a2)		p(b1)		p(b2)		p(b3)		p(b4)		
0.18	0.82			0.23	0.14	0.4		0.23				

Вариант №10

Задача 1				Задача 2				Задача 3																																									
<table><tr><th colspan="2">P(B/A)</th></tr><tr><td>0.91</td><td>0.09</td></tr><tr><td>0.4</td><td>0.6</td></tr></table>				P(B/A)		0.91	0.09	0.4	0.6	<table><tr><th colspan="3">P(A/B)</th></tr><tr><td>0.56</td><td>0.23</td><td>0.16</td></tr><tr><td>0.06</td><td>0.64</td><td>0.18</td></tr><tr><td>0.38</td><td>0.13</td><td>0.66</td></tr></table>				P(A/B)			0.56	0.23	0.16	0.06	0.64	0.18	0.38	0.13	0.66	<table><tr><th colspan="4">P(A,B)</th></tr><tr><td>0.11</td><td>0.05</td><td>0.05</td><td>0.04</td></tr><tr><td>0.21</td><td>0.04</td><td>0.0</td><td>0.01</td></tr><tr><td>0.19</td><td>0.04</td><td>0.0</td><td>0.03</td></tr><tr><td>0.04</td><td>0.14</td><td>0.05</td><td>0.0</td></tr></table>				P(A,B)				0.11	0.05	0.05	0.04	0.21	0.04	0.0	0.01	0.19	0.04	0.0	0.03	0.04	0.14	0.05	0.0
P(B/A)																																																	
0.91	0.09																																																
0.4	0.6																																																
P(A/B)																																																	
0.56	0.23	0.16																																															
0.06	0.64	0.18																																															
0.38	0.13	0.66																																															
P(A,B)																																																	
0.11	0.05	0.05	0.04																																														
0.21	0.04	0.0	0.01																																														
0.19	0.04	0.0	0.03																																														
0.04	0.14	0.05	0.0																																														
<table><tr><th>p(a1)</th><th>p(a2)</th></tr><tr><td>0.29</td><td>0.71</td></tr></table>				p(a1)	p(a2)	0.29	0.71	<table><tr><th>p(b1)</th><th>p(b2)</th><th>p(b3)</th></tr><tr><td>0.65</td><td>0.19</td><td>0.16</td></tr></table>				p(b1)	p(b2)	p(b3)	0.65	0.19	0.16																																
p(a1)	p(a2)																																																
0.29	0.71																																																
p(b1)	p(b2)	p(b3)																																															
0.65	0.19	0.16																																															

Вариант №11

Задача 1			Задача 2				Задача 3	
P(B/A)			P(A/B)				P(A,B)	
0.97	0.01	0.02	0.56	0.35	0.01	0.17	0.43	0.07
0.15	0.85	0.0	0.18	0.35	0.4	0.04	0.06	0.44
0.1	0.13	0.77	0.0	0.3	0.54	0.29		
			0.26	0.0	0.05	0.5		
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)		
0.87	0.04	0.09	0.41	0.48	0.04	0.07		

Вариант №12

Задача 1			Задача 2				Задача 3																																																					
<table><tr><th colspan="3">P(B/A)</th></tr><tr><td>0.92</td><td>0.04</td><td>0.04</td></tr><tr><td>0.38</td><td>0.53</td><td>0.09</td></tr><tr><td>0.1</td><td>0.22</td><td>0.68</td></tr><tr><th>p(a1)</th><th>p(a2)</th><th>p(a3)</th></tr><tr><td>0.64</td><td>0.33</td><td>0.03</td></tr></table>			P(B/A)			0.92	0.04	0.04	0.38	0.53	0.09	0.1	0.22	0.68	p(a1)	p(a2)	p(a3)	0.64	0.33	0.03	<table><tr><th colspan="4">P(A/B)</th></tr><tr><td>0.7</td><td>0.26</td><td>0.06</td><td>0.23</td></tr><tr><td>0.02</td><td>0.41</td><td>0.17</td><td>0.2</td></tr><tr><td>0.01</td><td>0.18</td><td>0.66</td><td>0.25</td></tr><tr><td>0.27</td><td>0.15</td><td>0.11</td><td>0.32</td></tr><tr><th>p(b1)</th><th>p(b2)</th><th>p(b3)</th><th>p(b4)</th></tr><tr><td>0.45</td><td>0.37</td><td>0.11</td><td>0.07</td></tr></table>				P(A/B)				0.7	0.26	0.06	0.23	0.02	0.41	0.17	0.2	0.01	0.18	0.66	0.25	0.27	0.15	0.11	0.32	p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)	0.45	0.37	0.11	0.07	<table><tr><th colspan="2">P(A,B)</th></tr><tr><td>0.0</td><td>0.5</td></tr><tr><td>0.36</td><td>0.14</td></tr></table>		P(A,B)		0.0	0.5	0.36	0.14
P(B/A)																																																												
0.92	0.04	0.04																																																										
0.38	0.53	0.09																																																										
0.1	0.22	0.68																																																										
p(a1)	p(a2)	p(a3)																																																										
0.64	0.33	0.03																																																										
P(A/B)																																																												
0.7	0.26	0.06	0.23																																																									
0.02	0.41	0.17	0.2																																																									
0.01	0.18	0.66	0.25																																																									
0.27	0.15	0.11	0.32																																																									
p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)																																																									
0.45	0.37	0.11	0.07																																																									
P(A,B)																																																												
0.0	0.5																																																											
0.36	0.14																																																											

Вариант №13

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.49	0.23	0.28		1.0	0.26			0.09	0.04	0.05	0.07
0.34	0.54	0.12		0.0	0.74			0.1	0.01	0.01	0.14
0.22	0.23	0.55		p(b1)	p(b2)			0.06	0.16	0.04	0.0
p(a1)	p(a2)	p(a3)		0.34	0.66			0.14	0.02	0.01	0.06
0.42	0.32	0.26									

Вариант №14

Задача 1				Задача 2				Задача 3				
P(B/A)				P(A/B)						P(AB)		
0.73	0.27			0.64	0.24	0.02	0.01			0.15	0.14	0.05
0.1	0.9			0.05	0.45	0.13	0.0			0.13	0.08	0.12
p(a1)	p(a2)			0.01	0.17	0.76	0.01			0.01	0.3	0.02
0.83	0.17			0.3	0.14	0.09	0.98					
				p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)					
				0.77	0.15	0.05	0.03					

Вариант №15

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.86	0.14			0.95	0.0	0.0	0.0	0.24	0.06	0.04	
0.42	0.58			0.02	0.92	0.27	0.0	0.25	0.0	0.08	
p(a1)	p(a2)			0.0	0.02	0.64	0.2	0.21	0.1	0.02	
0.3	0.7			0.03	0.02	0.09	0.71				
				p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)				
				0.41	0.3	0.22	0.77				

Вариант №16

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.6	0.06	0.04	0.3	0.77	0.48			0.07	0.09	0.17	
0.31	0.33	0.2	0.13	0.23	0.52			0.06	0.03	0.25	
0.02	0.24	0.67	0.07					0.04	0.02	0.27	
0.19	0.13	0.21	0.47								
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)	p(b1)	p(b2)						
0.04	0.68	0.24	0.04	0.49	0.51						

Вариант №17

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
(B,A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.96	0.01	0.0	0.03	0.85	0.36			0.33	0.0	0.01	
0.24	0.57	0.11	0.08	0.15	0.64			0.08	0.2	0.0	
0.0	0.06	0.88	0.06					0.04	0.18	0.11	
0.13	0.02	0.26	0.59	p(b1)	p(b2)						
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)	0.27	0.73						
0.45	0.47	0.0	0.08								

Вариант №18

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.96	0.01	0.03		0.64	0.21			0.11	0.09	0.01	0.05
0.38	0.46	0.16		0.36	0.79			0.08	0.09	0.04	0.04
0.11	0.14	0.75						0.17	0.07	0.0	0.01
p(a1)	p(a2)	p(a3)		p(b1)	p(b2)			0.22	0.01	0.02	0.01
0.96	0.0	0.04		0.78	0.22						

Вариант №19

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)			P(A,B)				
0.53	0.47			0.81	0.44	0.02	0.14	0.03	0.02	0.06	
0.15	0.85			0.09	0.53	0.09	0.19	0.01	0.04	0.01	
				0.1	0.03	0.89	0.18	0.03	0.03	0.02	
p(a1)	p(a2)						0.0	0.02	0.15	0.07	
0.81	0.19			p(b1)	p(b2)	p(b3)					
				0.75	0.19	0.06					

Вариант №20

Задача 1				Задача 2				Задача 3			
P(B/A)				P(A/B)				P(A,B)			
0.62	0.13	0.25		0.93	0.27		0.14	0.05	0.0	0.05	
0.26	0.61	0.13		0.07	0.73		0.06	0.06	0.08	0.05	
0.03	0.21	0.76		p(b1)		p(b2)	0.2	0.02	0.0	0.04	
p(a1)	p(a2)	p(a3)		0.39		0.61	0.1	0.14	0.0	0.01	
0.41	0.54	0.05									

Вариант №21

Задача 1		Задача 2				Задача 3		
P(B/A)		P(A/B)				P(A,B)		
0.77	0.23	0.73	0.39	0.01	0.13	0.21	0.02	0.11
0.07	0.93	0.07	0.56	0.07	0.04	0.12	0.11	0.11
		0.01	0.04	0.89	0.29	0.04	0.22	0.06
		0.19	0.0	0.03	0.54			
p(a1)	p(a2)	p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)			
0.57	0.43	0.87	0.08	0.03	0.02			

Вариант №22

Задача 1					Задача 2					Задача 3		
P(B/A)					P(A/B)					P(A,B)		
0.5	0.16	0.14	0.2		0.78	0.32	0.07		0.13	0.38		
0.12	0.84	0.03	0.01		0.02	0.49	0.24		0.28	0.21		
0.06	0.25	0.49	0.2		0.2	0.19	0.69					
0.06	0.0	0.2	0.65		p(b1)	p(b2)	p(b3)					
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)		0.47	0.01	0.52					
0.72	0.19	0.05	0.04									

Вариант №23

Задача 1					Задача 2					Задача 3		
P(B/A)					P(A/B)					P(A,B)		
0.69	0.15	0.01	0.15		0.52	0.17	0.01		0.08	0.42		
0.09	0.44	0.19	0.08		0.01	0.7	0.07		0.44	0.06		
0.0	0.27	0.46	0.27		0.47	0.13	0.92					
0.05	0.01	0.32	0.62									
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)		p(b1)	p(b2)	p(b3)					
0.32	0.24	0.27	0.17		0.24	0.71	0.05					

Вариант №24

Задача 1			Задача 2				Задача 3																																																					
<table><tr><th colspan="3">(B/A)</th></tr><tr><td>0.66</td><td>0.0</td><td>0.34</td></tr><tr><td>0.22</td><td>0.68</td><td>0.1</td></tr><tr><td>0.06</td><td>0.25</td><td>0.69</td></tr><tr><td>p(a1)</td><td>p(a2)</td><td>p(a3)</td></tr><tr><td>0.33</td><td>0.5</td><td>0.17</td></tr></table>			(B/A)			0.66	0.0	0.34	0.22	0.68	0.1	0.06	0.25	0.69	p(a1)	p(a2)	p(a3)	0.33	0.5	0.17	<table><tr><th colspan="4">P(A/B)</th></tr><tr><td>0.95</td><td>0.43</td><td>0.0</td><td>0.14</td></tr><tr><td>0.02</td><td>0.49</td><td>0.35</td><td>0.11</td></tr><tr><td>0.0</td><td>0.05</td><td>0.64</td><td>0.35</td></tr><tr><td>0.03</td><td>0.03</td><td>0.01</td><td>0.4</td></tr><tr><td>p(b1)</td><td>p(b2)</td><td>p(b3)</td><td>p(b4)</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.43</td><td>0.06</td><td>0.01</td></tr></table>				P(A/B)				0.95	0.43	0.0	0.14	0.02	0.49	0.35	0.11	0.0	0.05	0.64	0.35	0.03	0.03	0.01	0.4	p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)	0.5	0.43	0.06	0.01	<table><tr><th colspan="2">P(A,B)</th></tr><tr><td>0.34</td><td>0.17</td></tr><tr><td>0.3</td><td>0.19</td></tr></table>		P(A,B)		0.34	0.17	0.3	0.19
(B/A)																																																												
0.66	0.0	0.34																																																										
0.22	0.68	0.1																																																										
0.06	0.25	0.69																																																										
p(a1)	p(a2)	p(a3)																																																										
0.33	0.5	0.17																																																										
P(A/B)																																																												
0.95	0.43	0.0	0.14																																																									
0.02	0.49	0.35	0.11																																																									
0.0	0.05	0.64	0.35																																																									
0.03	0.03	0.01	0.4																																																									
p(b1)	p(b2)	p(b3)	p(b4)																																																									
0.5	0.43	0.06	0.01																																																									
P(A,B)																																																												
0.34	0.17																																																											
0.3	0.19																																																											

Вариант №25

Задача 1					Задача 2		Задача 3		
P(B/A)					P(A/B)		P(A,B)		
0.95	0.01	0.0	0.04	0.93	0.48	0.05	0.15	0.13	
0.29	0.58	0.12	0.01	0.0	0.52	0.3	0.02	0.01	
0.11	0.28	0.49	0.12			0.2	0.12	0.02	
0.15	0.12	0.27	0.46						
p(a1)	p(a2)	p(a3)	p(a4)	p(b1)	p(b2)				
0.34	0.57	0.02	0.07	0.38	0.62				

3. Создать программу, на вход которой подаётся набор информационных характеристик канала связи, являющийся информационно полным (3 случая ввода, пользователь сам выбирает случай). Далее программа восстанавливает оставшиеся характеристики канала связи и выводит их. Также программа должна находить $H(A)$, $H(B)$, $H(B/A)$, $H(A/B)$, $H(A,B)$, $I(A,B)$ и выводить их. Задачи, решённые вручную, использовать как тестовые данные.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Подробное решение задач согласно варианту.
4. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.
5. Код программы.

Вопросы к защите

1. Частная и общая условная энтропия.
2. Взаимная информация, её свойства.
3. Процесс передачи сигналов по каналу связи с помехами.
4. Как описываются информационные потери?
5. Канальная матрица канала связи, описанного со стороны источника сообщений. Её свойства. Вычисление частной $H(B/a_i)$ и общей $H(B/A)$ энтропии. Какие информационные потери описываются энтропией $H(B/a_i)$, $H(B/A)$?
6. Канальная матрица канала связи, описанного со стороны приёмника сообщений. Её свойства. Вычисление частной $H(A/b_j)$ и общей $H(A/B)$ энтропии. Какие информационные потери описываются энтропией $H(A/b_j)$, $H(A/B)$?
7. Взаимная канальная матрица канала связи. Её свойства.
8. Информационно полный набор характеристик канала связи. Свойство информационно полного набора. Какие существуют варианты информационно полных наборов характеристик канала связи?
9. Взаимосвязь канальных матриц. Формулы вычисления информационных характеристик через другие.
10. Взаимная энтропия и взаимная информация. Формулы их вычисления. Что описывают эти характеристики?

Лабораторная работа №3***Оптимальное кодирование. Алгоритм Шеннона-Фано***

Цель работы: освоить алгоритм Шеннона-Фано. Научиться сжимать сообщения с помощью алгоритма Шеннона-Фано.

Задания к работе

1. Составить коды для каждого символа данного алфавита с помощью алгоритма Шеннона-Фано.

Вариант №1				Вариант №2			
a_i	A	B	C	a	A	B	C
p_i	0.25	0.05	0.1	p_i	0.14	0.55	0.03
a_i	D	E	F	a	D	E	F
p_i	0.25	0.05	0.3	p_i	0.04	0.12	0.12
Вариант №3				Вариант №4			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.52	0.02	0.4	p_i	0.01	0.06	0.3
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.03	0.02	0.01	p_i	0.12	0.47	0.04
Вариант №5				Вариант №6			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.09	0.63	0.12	p_i	0.28	0.04	0.39
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.01	0.05	0.1	p_i	0.01	0.04	0.24
Вариант №7				Вариант №8			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.11	0.34	0.19	p_i	0.02	0.1	0.16
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.01	0.07	0.28	p_i	0.02	0.01	0.69
Вариант №9				Вариант №10			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.57	0.04	0.19	p_i	0.05	0.27	0.04
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.04	0.12	0.04	p_i	0.34	0.26	0.04
Вариант №11				Вариант №12			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.2	0.19	0.16	p_i	0.01	0.48	0.03
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.02	0.39	0.04	p_i	0.1	0.25	0.13
Вариант №13				Вариант №14			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.27	0.14	0.13	p_i	0.17	0.07	0.57
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.29	0.02	0.15	p_i	0.1	0.06	0.03

Вариант №15				Вариант №16			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.57	0.25	0.03	p_i	0.03	0.01	0.39
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.06	0.02	0.07	p_i	0.3	0.22	0.05
Вариант №17				Вариант №18			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.1	0.03	0.78	p_i	0.3	0.6	0.04
a_i	D	E	F	p_i	D	E	F
p_i	0.04	0.01	0.04	p_i	0.01	0.04	0.01
Вариант №19				Вариант №20			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.25	0.06	0.57	p_i	0.05	0.42	0.44
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.02	0.04	0.06	p_i	0.04	0.03	0.02
Вариант №21				Вариант №22			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.38	0.01	0.25	p_i	0.02	0.85	0.06
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.24	0.09	0.03	p_i	0.04	0.02	0.01
Вариант №23				Вариант №24			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.01	0.57	0.08	p_i	0.1	0.33	0.01
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.16	0.06	0.12	p_i	0.31	0.15	0.1
Вариант №25							
a_i	A	B	C				
p_i	0.01	0.03	0.04				
a_i	D	E	F				
p_i	0.01	0.35	0.56				

2. Закодировать сообщение, используя коды для символов. Вычислить среднюю длину символа. Вычислить энтропию алфавита. Сравнить среднюю длину и энтропию. Сделать выводы.

Вариант	Сообщение
1	ADADBDCBBDCABFDFACEB
2	DBBAFEADEBEFBADDCBAE
3	BBCCCAADCACCDCEDAEEA
4	CEEFCEAEBCBADBABECD

Вариант	Сообщение
5	ECBBCCDACBAACAFCDDBFB
6	FBCBACFFFAFFFCBAAAEA
7	BFBEABDDBFBCFBFBFFFE
8	CCEECFCAEDBCCEEACEFD
9	CBFEACAACCCCCCBBEAAA
10	BFAAEDDBAAFDDABDFDAA
11	DEBCEAEEBBFFACEBEDAB
12	CFFEDCFBDEECDBEFBACB
13	AEDDAADDDADCCABCDDDC
14	AADCCDAECCAACBCCBCDC
15	BBACDAAAFBFBEABDBBAB
16	DFEEEFDDCACDEAECDDFC
17	ECCECCBCECEACCCACCD
18	BBBDFADAAECBEBBCDABB
19	AADCCDAECCAACBCCBCDC
20	BBCCBCDCACCBCEBABCVB
21	EFFCEEBAABDDBEDDFAFF
22	BEABFBBBEBBCBBBDEB
23	EEBBFFDEEACBVCBBBDEB
24	DBCBFABDDBADCEFDDEDD
25	FBFFDEAADAEBABDFEECC

3. Составить список биграмм для данного алфавита. Вычислить вероятность каждой биграммы. Составить коды для каждой биграммы с помощью алгоритма Шеннона-Фано.

4. Закодировать сообщение, используя коды для биграмм. Вычислить среднюю длину биграммы. Разделить результат на 2. Сравнить полученное число со средней длиной для посимвольного кодирования. Сделать выводы о целесообразности кодировать сообщения поблочно.

5. Создать подпрограмму для составления кодов для символов по алгоритму Шеннона-Фано. Подпрограмме передается набор символов и их вероятностей.

6. Создать подпрограмму для кодирования сообщения. Подпрограмме передается сообщение, состоящее из символов алфавита и коды для кодирования сообщения, полученные подпрограммой из предыдущего пункта.

7. Проверить работоспособность подпрограмм, данные из п. 1 и 2 использовать как тестовые.

8. Модернизировать подпрограммы из п. 5 и 6 для случая поблочного кодирования. Создать программу, на вход которой подаются символы алфавита и их вероятности. Далее пользователь вводит размер блока (от 1 символа). В случае с блоком размера 1, имеет место посимвольное кодирование. Иначе составляются различные возможные комбинации блоков и вычисляются их вероятности. Вычисляется энтропия и средняя длина 1 символа (в поблочном случае вычисляется энтропия и длина блока, и делится на размер блока), результат выводится на экран. Далее пользователь вводит сообщение, программа кодирует его и выводит результат. Протестировать программу, данные из заданий п. 1 и 2 использовать как тестовые. Выполнить программу для блоков различного размера. Установить размер блока, на котором средняя длина символа минимальна. Сделать выводы.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Процесс составления кодов для посимвольного кодирования и для кодирования биграмм. Энтропии и средние длины посимвольного кодирования и биграмм.
4. Закодированное сообщение с использованием посимвольного и блочного кодирования.
5. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.
6. Код программы.

Вопросы к защите

1. В чём заключается кодирование?
2. Алфавитное кодирование.
3. Равномерный и неравномерный код. Примеры.
4. Информационные и кодовые слова.
5. Префиксное и суффиксное кодирование.
6. Какое кодирование называется однозначно декодируемым?
7. Понятие и процесс декодирования.
8. Опишите алгоритм Шеннона-Фано.
9. Неравенства Крафта и Макмиллана. Следствие из неравенств.
10. Что такое средняя длина кодового слова? Как её вычислить?
11. Какое кодирование называется оптимальным?

12. Теорема о существовании оптимального кодирования. Неравенства, показывающие связь средней длины кодового слова при оптимальном кодировании и энтропии алфавита.
13. Блочное кодирование. В чём основное преимущество блочного кодирования перед посимвольным?

Лабораторная работа № 4

Оптимальное кодирование. Алгоритм Хаффмана

Цель работы: освоить алгоритм Хаффмана. Научиться сжимать сообщения с помощью алгоритма Хаффмана.

Задания к работе

1. Составить коды для каждого символа данного алфавита с помощью алгоритма Хаффмана.

Вариант № 1				Вариант № 2			
a_i	A	B	C	a	A	B	C
p_i	0.25	0.05	0.1	p_i	0.14	0.55	0.03
a_i	D	E	F	a	D	E	F
p_i	0.25	0.05	0.3	p_i	0.04	0.12	0.12
Вариант № 3				Вариант № 4			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.52	0.02	0.4	p_i	0.01	0.06	0.3
a_i	D	E	F	a	D	E	F
p_i	0.03	0.02	0.01	p_i	0.12	0.47	0.04
Вариант № 5				Вариант № 6			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.09	0.63	0.12	p_i	0.28	0.04	0.39
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.01	0.05	0.1	p_i	0.01	0.04	0.24
Вариант № 7				Вариант № 8			
a_i	A	B	C	a	A	B	C
p_i	0.11	0.34	0.19	p_i	0.02	0.1	0.16
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.01	0.07	0.28	p_i	0.02	0.01	0.69

Вариант № 9				Вариант № 10			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.57	0.04	0.19	p_i	0.05	0.27	0.04
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.04	0.12	0.04	p_i	0.34	0.26	0.04
Вариант № 11				Вариант № 12			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.2	0.19	0.16	p_i	0.01	0.48	0.03
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p	0.02	0.39	0.04	p_i	0.1	0.25	0.13
Вариант № 13				Вариант № 14			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.27	0.14	0.13	p_i	0.17	0.07	0.57
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.29	0.02	0.15	p_i	0.1	0.06	0.03
Вариант № 15				Вариант № 16			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.57	0.25	0.03	p_i	0.03	0.01	0.39
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.06	0.02	0.07	p_i	0.3	0.22	0.05
Вариант № 17				Вариант № 18			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.1	0.03	0.78	p_i	0.3	0.6	0.04
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.04	0.01	0.04	p_i	0.01	0.04	0.01
Вариант № 19				Вариант № 20			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.25	0.06	0.57	p_i	0.05	0.42	0.44
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.02	0.04	0.06	p_i	0.04	0.03	0.02
Вариант № 21				Вариант № 22			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.38	0.01	0.25	p_i	0.02	0.85	0.06
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.24	0.09	0.03	p_i	0.04	0.02	0.01

Вариант № 23				Вариант № 24			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.01	0.57	0.08	p_i	0.1	0.33	0.01
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.16	0.06	0.12	p_i	0.31	0.15	0.1

Вариант № 25							
a_i	A	B	C				
p_i	0.01	0.03	0.04				
a_i	D	E	F				
p_i	0.01	0.35	0.56				

2. Закодировать сообщение, используя коды для символов. Вычислить среднюю длину символа. Вычислить энтропию алфавита. Сравнить среднюю длину и энтропию. Сделать выводы.

Вариант	Сообщение
1	ADADBDCBBDCABFADFCEB
2	DBBAFEADEBEFBADDCBAE
3	BBCCAADCACCDCEDAEEA
4	CEEFCEAEBDCBADBABECD
5	ECBBCCDACBAACAFCDDFB
6	FBCBACFFFAFFFCBAAAEA
7	BFBEABDDBFBCFBFBFFFE
8	CCEECFCAEDBCCEEACEFD
9	CBFEACAACCCCCBBEAAA
10	BFAAEDDBAAFDDABDFDAA
11	DEBCEAEEBBFACBEBDAB
12	CFFEDCFBDEECDBEFBACB
13	AEDDAADDDADCCABCDDDC
14	AADCCDAECCAACBCCBCDC
15	BBACDAAAFBFBEABDBBAB
16	DFEEEFDDCACDEAECDDFC
17	ECCECCBCECEACCCACCD
18	BBBDFADAAECBEBBCDABB
19	AADCCDAECCAACBCCBCDC
20	BBCCBCDCACCBCEBABC
21	EFFCEEBAABDDBEDDFAFF
22	BEABFBBBEBBCBBBDEB
23	EEBBFFDEEACBCCBBBDEB
24	DBCBFABDDBADCEFDDEDD
25	FBFFDEAADAEBABDFEECC

3. Составить список биграмм для данного алфавита. Вычислить вероятность каждой биграммы. Составить коды для каждой биграммы с помощью алгоритма Хаффмана.

4. Закодировать сообщение, используя коды для биграмм. Вычислить среднюю длину биграммы. Разделить результат на 2. Сравнить полученное число со средней длиной для посимвольного кодирования. Сделать выводы о целесообразности кодировать сообщения поблочно.

5. Создать подпрограмму для составления кодов для символов по алгоритму Хаффмана. Подпрограмме передаётся набор символов и их вероятностей.

6. Создать подпрограмму для кодирования сообщения. Подпрограмме передаётся сообщение, состоящее из символов алфавита и коды для кодирования сообщения, полученные подпрограммой из предыдущего пункта.

7. Проверить работоспособность подпрограмм, данные из п. 1 и 2 использовать как тестовые.

8. Модернизировать подпрограммы из п. 5 и 6 для случая поблочного кодирования. Создать программу, на вход которой подаются символы алфавита и их вероятности. Далее пользователь вводит размер блока (от 1 символа). В случае с блоком размера 1, имеет место посимвольное кодирование. Иначе составляются различные возможные комбинации блоков и вычисляются их вероятности. Вычисляется энтропия и средняя длина 1 символа (в поблочном случае вычисляется энтропия и длина блока, и делится на размер блока), результат выводится на экран. Далее пользователь вводит сообщение, программа кодирует его и выводит результат. Протестировать программу, данные из заданий п. 1 и 2 использовать как тестовые. Выполнить программу для блоков различного размера. Установить размер блока, на котором средняя длина символа минимальна. Сделать выводы.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Процесс составления кодов для посимвольного кодирования и для кодирования биграмм. Энтропии и средние длины посимвольного кодирования и биграмм.
4. Закодированное сообщение с использованием посимвольного и блочного кодирования.
5. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.

6. Код программы.

Вопросы к защите

1. Граф. Путь. Связность графа.
2. Дерево. Корневое дерево. Уровень дерева.
3. Высота вершины, дерева. Степень вершины. Лист.
4. D-ичное корневое дерево. D-ичная разметка вершин и ребёр. Размеченное дерево.
5. Что образует множество листьев D-ичного размеченного корневого дерева?
6. Связь D-ичного префиксного кодирования и D-ичного размеченного корневого дерева.
7. Сколько различных префиксных кодов можно построить по размеченному дереву с m листьями?
8. Опишите первый этап алгоритма Хаффмана.
9. Опишите второй этап алгоритма Хаффмана. Неоднозначность операции редукции. Один из способов устранения неоднозначности.
10. Блочное кодирование. В чём основное преимущество блочного кодирования перед посимвольным?

Лабораторная работа № 5***Оптимальное кодирование. Арифметическое кодирование***

Цель работы: освоить алгоритмы арифметического кодирования и декодирования. Научиться сжимать сообщения с помощью арифметического кодирования.

Задания к работе

1. Вычислить кумулятивные вероятности каждого символа.

Вариант № 1				Вариант № 2			
a_i	A	B	C	a	A	B	C
p_i	0.25	0.05	0.1	p_i	0.14	0.55	0.03
a_i	D	E	F	a	D	E	F
p_i	0.25	0.05	0.3	p_i	0.04	0.12	0.12

Вариант № 3				Вариант № 4			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.52	0.02	0.4	p_i	0.01	0.06	0.3
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.03	0.02	0.01	p_i	0.12	0.47	0.04
Вариант № 5				Вариант № 6			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.09	0.63	0.12	p_i	0.28	0.04	0.39
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.01	0.05	0.1	p_i	0.01	0.04	0.24
Вариант № 7				Вариант № 8			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.11	0.34	0.19	p_i	0.02	0.1	0.16
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.01	0.07	0.28	p_i	0.02	0.01	0.69
Вариант № 9				Вариант № 10			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.57	0.04	0.19	p_i	0.05	0.27	0.04
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.04	0.12	0.04	p_i	0.34	0.26	0.04
Вариант № 11				Вариант № 12			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.2	0.19	0.16	p_i	0.01	0.48	0.03
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.02	0.39	0.04	p_i	0.1	0.25	0.13
Вариант № 13				Вариант № 14			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.27	0.14	0.13	p_i	0.17	0.07	0.57
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.29	0.02	0.15	p_i	0.1	0.06	0.03
Вариант № 15				Вариант № 16			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.57	0.25	0.03	p_i	0.03	0.01	0.39
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.06	0.02	0.07	p_i	0.3	0.22	0.05

Вариант № 17				Вариант № 18			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.1	0.03	0.78	p_i	0.3	0.6	0.04
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.04	0.01	0.04	p_i	0.01	0.04	0.01
Вариант № 19				Вариант № 20			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.25	0.06	0.57	p_i	0.05	0.42	0.44
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.02	0.04	0.06	p_i	0.04	0.03	0.02
Вариант № 21				Вариант № 22			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.38	0.01	0.25	p_i	0.02	0.85	0.06
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.24	0.09	0.03	p_i	0.04	0.02	0.01
Вариант № 23				Вариант № 24			
a_i	A	B	C	a_i	A	B	C
p_i	0.01	0.57	0.08	p_i	0.1	0.33	0.01
a_i	D	E	F	a_i	D	E	F
p_i	0.16	0.06	0.12	p_i	0.31	0.15	0.1
Вариант № 25							
a_i	A	B	C				
p_i	0.01	0.03	0.04				
a_i	D	E	F				
p_i	0.01	0.35	0.56				

2. Закодировать сообщение, используя алгоритм арифметического кодирования. Вычислить числа F_{19} , G_{19} . Вычислить Q , k . Перевести число Q в двоичную систему счисления с точностью k знаков после запятой. Закодированное двоичное число перевести в десятичное число Z .

Вариант	Сообщение
1	ADADBDCBBDCABFDFACEB
2	DBBAFEADEBEFBADDCBAE
3	BBCCAADCACCDCEDAEEA
4	CEEFCEAEBD CBAD BABECD
5	ECBBCCDACBAACAFCDDFB
6	FBCBACFFFAFFFCBAAAEA

Вариант	Сообщение
7	BFBEABDDBFBCFBFBFFFE
8	CCEECFCAEDBCCEEACEFD
9	CBFEACAACCCCCBBEAAA
10	BFAAEDDBAAFDDABDFDAA
11	DEBCEAEEBBFFACEBEDAB
12	CFFEDCFBDEECDBEFBACB
13	AEDDAADDDADCCABCDDDC
14	AADCCDAECCAACBCCBCDC
15	BBACDAAAFBFBEABDBBAB
16	DFEEEFDDCACDEAECDDFC
17	ECCECCBCECEACCCACCD
18	BBBDFADAAECBEBBCDABB
19	AADCCDAECCAACBCCBCDC
20	BBCCBCDCACCBCEBACB
21	EFFCEEBAABDDBEDDFAFF
22	BEABFBBBEBCBVBBDDEB
23	EEBBFFDEEACBVCBBBDEB
24	DBCBFABDDBADCEFDDEDD
25	FBFFDEAADAEBABDFEECC

3. Декодировать полученное число Z в сообщение, используя алгоритм арифметического декодирования. Сравнить декодированное сообщение с изначальным и убедиться в их идентичности.

4. Создать подпрограмму для реализации алгоритма арифметического кодирования. На вход подпрограммы передаются символы и их вероятности, а также сообщение, которое нужно закодировать. Для лучшей реализации алгоритма использовать числа повышенной точности. Подпрограмма возвращает число Z .

5. Создать подпрограмму для реализации алгоритма арифметического декодирования. На вход подпрограмме передаются символы и их вероятности, а также число Z , которое нужно декодировать. Для лучшей реализации алгоритма использовать числа повышенной точности. Подпрограмма возвращает декодированное сообщение.

6. Создать демонстрационную программу, показывающую работу подпрограмм из п. 4 и 5. Данные из п. 1 и 2 использовать как тестовые.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.

3. Подробный процесс получения числа Z. Расчёты можно оформить в электронном виде и прикрепить распечатку.
4. Подробный процесс декодирования числа Z. Расчёты можно оформить в электронном виде и прикрепить распечатку.
5. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.
6. Код программы.

Вопросы к защите

1. Алгоритм арифметического кодирования.
2. Алгоритм арифметического декодирования.
3. Особенности арифметического кодирования. Недостатки арифметического кодирования.

Лабораторная работа № 6 ***Помехоустойчивое кодирование. Код Хемминга***

Цель работы: научиться строить порождающую и проверочную матрицу для кода Хемминга. Научиться строить код Хемминга по матрице. Научиться вычислять синдром.

Задания к работе

1. Построить систематический код Хемминга для $m=4$. Вычислить n и k . Вычислить размеры порождающей и проверочной матрицы. Построить проверочную матрицу. Получить проверочную подматрицу порождающей матрицы. Сформировать порождающую матрицу.

2. Взять произвольное ненулевое двоичное информационное слово i длиной 11. Получить кодовое слово s , полученное перемножением информационного слова и порождающей матрицы.

3. Внести в кодовое слово s произвольную ошибку (инвертировать любой бит слова). Вычислить синдром. Локализовать ошибку и исправить её. Получить информационное слово. Убедиться в идентичности полученного информационного и изначального слов.

4. Создать подпрограмму для реализации алгоритма помехоустойчивого кодирования по Хеммингу для $m=4$. На вход подпрограммы передаётся информационное слово. Подпрограмма возвращает кодовое слово.

5. Создать подпрограмму для декодирования кодового слова с учётом возможной ошибки. На вход подпрограммы передаётся кодовое слово. Подпрограмма вычисляет синдром, и при наличии

ошибки исправляет её. Далее подпрограмма выделяет информационные биты и возвращает информационное слово.

6. Создать программу, демонстрирующую работу подпрограмм. Программа позволяет пользователю ввести информационное слово. Далее вызывается первая подпрограмма, и слово кодируется, затем заносится или не заносится случайная ошибка. Далее программа вызывает вторую подпрограмму и декодирует кодовое слово, исправляя ошибку. Результат каждого этапа выводится на экран.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Процесс получения чисел n и k .
4. Процесс получения порождающей и проверочной матриц.
5. Информационное слово и процесс получения кодового слова.
6. Процесс внесения ошибки. Процесс вычисления синдрома.
7. Процесс локализации и исправления ошибки.
8. Процесс выделения информационного слова.
9. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.
10. Код программы.

Вопросы к защите

1. Определение блочного кодирования.
2. Блочный код и блочные слова.
3. Определение двоичного $(n;k)$ -кода.
4. Расстояние по Хеммингу. Минимальное расстояние d^* .
5. Информационное и кодовое слова. Процесс кодирования и декодирования.
6. Связь минимального расстояния d^* и количества ошибок, которое можно исправить.
7. Процесс декодирования слова при наличии ошибок.
8. Связь минимального расстояния d^* и количества ошибок, которое можно обнаружить.
9. Линейные блочные коды. Базис. Размерность линейного блочного кода.
10. Вес Хемминга. Вычисление расстояния между двумя словами.
11. Порождающая и проверочная матрицы кода.
12. Систематический код.

13. Матричное кодирование. Процесс кодирования и декодирования.
14. Корректирующая способность кода.
15. Линейно независимые столбцы. Определение минимального расстояния d^* с помощью линейно независимых столбцов.
16. Коды Хемминга. Отличительная особенность кодов Хемминга от матричных кодов.
17. Как определяются n и k для кода Хемминга? Как определяются размерности порождающей и проверочной матриц?
18. Как строятся порождающая и проверочная матрицы в коде Хемминга?
19. Как происходит кодирование в коде Хемминга?
20. Как происходит локализация ошибок в коде Хемминга? Что называется синдромом?

Лабораторная работа № 7

Помехоустойчивое кодирование. Циклические коды

Цель работы: научиться строить порождающий многочлен и проверочный многочлен циклического кода (7;4). Научиться находить кодовое слово и локализовывать ошибку.

Задания к работе

1. Разложить многочлен x^7+1 на множители. Получить порождающий и проверочный многочлены.
2. Взять произвольное ненулевое двоичное информационное слово i длиной 4. Получить кодовое слово s по формуле циклического кодирования.
3. Внести в кодовое слово s произвольную ошибку (инвертировать любой бит слова). Вычислить синдром. Локализовать ошибку и исправить её. Получить информационное слово. Убедиться в идентичности полученного информационного и изначального слов.
4. Создать подпрограмму для реализации алгоритма помехоустойчивого циклического кодирования для кода (7;4). На вход подпрограмме передаётся информационное слово. Подпрограмма возвращает кодовое слово.
5. Создать подпрограмму для декодирования кодового слова с учётом возможной ошибки. На вход подпрограммы передаётся кодовое слово. Подпрограмма вычисляет синдром, и при наличии

ошибки исправляет её. Далее подпрограмма выделяет информационные биты и возвращает информационное слово.

6. Создать программу, демонстрирующую работу подпрограмм. Программа позволяет пользователю ввести информационное слово. Далее вызывается первая подпрограмма, и слово кодируется, затем заносится или не заносится случайная ошибка. Далее программа вызывает вторую подпрограмму и декодирует кодовое слово, исправляя ошибку. Результат каждого этапа выводится на экран.

Примечание: при ручном счёте и написании программы реализовывать процессы кодирования слова и вычисления синдрома путём операций над многочленами в поле $GF(2)$.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Порождающий и проверочный многочлены.
4. Информационное слово и процесс получения кодового слова.
5. Процесс внесения ошибки. Процесс вычисления синдрома.
6. Процесс локализации и исправления ошибки.
7. Процесс выделения информационного слова.
8. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.
9. Код программы.

Вопросы к защите

1. Определение конечного поля. Арифметические операции в конечном поле.
2. Поле $GF(2)$. Многочлены над полем $GF(2)$. Арифметические операции над многочленами.
3. Приводимый и неприводимый многочлены над конечным полем.
4. Сравнимость многочленов по модулю.
5. Определение циклического кода.
6. Какой аппарат используют для реализации циклического кодирования?
7. Определение порождающего многочлена циклического кода.
8. Определение проверочного многочлена циклического кода.
9. Связь порождающего и проверочного многочленов одного и того же кода.
10. Алгоритм циклического кодирования.

11. Алгоритм локализации ошибок в циклическом коде.

Лабораторная работа № 8 ***Помехоустойчивое кодирование. Коды БЧХ(Боуза-Чоудхури-Хоккингема)***

Цель работы: научиться строить порождающий многочлен кода БЧХ с заданной корректирующей способностью.

Задания к работе

1. Рассмотреть поле $GF(2^4)$; положить $m=4$.
2. Разложить на неприводимые множители многочлен $x^{15}+1$.
3. Выбрать в качестве примитивного многочлена многочлен x^4+x+1 . Убедиться в том, что его корень α —примитивный элемент поля $GF(2^4)$.
4. Выбрать $t=2$ и рассмотреть элементы $\alpha, \alpha^2, \alpha^3, \alpha^4$.
5. Найти в разложении $x^{15}+1$ минимальные многочлены $f_j(x)$ такие, что $f_j(\alpha^j)=0$ для $j=1,2,3,4$.
6. Положить $g(x)=НОК\{f_1(x),f_2(x),f_3(x),f_4(x)\}$; определить его степень g .
7. Так как $n=15$, то длина информационного слова $k=n-g$.
8. Взять произвольное ненулевое информационное слово длиной k . Получить кодовое слово длины n по формуле циклического кодирования.
9. Внести в кодовое слово 2 произвольные ошибки (инвертировать любые 2 бита слова). Вычислить синдром. Локализовать ошибку и исправить её. Получить информационное слово. Убедиться в идентичности полученного информационного и изначального слов.
10. Создать подпрограмму для реализации алгоритма помехоустойчивого циклического кодирования для кода БЧХ. На вход подпрограммы передаётся информационное слово. Подпрограмма возвращает кодовое слово.
11. Создать подпрограмму для декодирования кодового слова с учётом возможных ошибок. На вход подпрограммы передаётся кодовое слово. Подпрограмма вычисляет синдром, и при наличии ошибок исправляет их. Далее подпрограмма выделяет информационные биты и возвращает информационное слово.
12. Создать программу, демонстрирующую работу подпрограмм. Программа позволяет пользователю ввести информационное слово. Далее вызывается первая подпрограмма, и слово кодируется, затем

заносится или не заносятся случайные ошибки. Далее программа вызывает вторую подпрограмму и декодирует кодовое слово, исправляя ошибки. Результат каждого этапа выводится на экран.

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Порождающий и проверочный многочлены.
4. Информационное слово и процесс получения кодового слова.
5. Процесс внесения ошибок. Процесс вычисления синдрома.
6. Процесс локализации и исправления ошибок.
7. Процесс выделения информационного слова.
8. Используемые структуры данных и спецификации подпрограмм.
9. Код программы.

Вопросы к защите

1. Представление элементов поля $GF(2^n)$; $GF(2^4)$.
2. Определение примитивного многочлена степени n (степени 4).
3. Разложение многочлена степени $2m-1$ на неприводимые множители.
4. Построение порождающего многочлена кода с корректирующей способностью t .
5. Алгоритм кодирования.
6. Алгоритм локализации и исправления ошибок в коде БЧХ.

Лабораторная работа № 9

Кодирование непрерывных сообщений

Цель работы: рассмотреть кодирование непрерывных сообщений на примере сверточных кодов. Изучить классификацию и основные параметры сверточных кодов.

Сверточные коды. Теория

Сверточные коды относятся к непрерывным рекуррентным кодам. Они называются непрерывными, так как последовательность информационных символов при кодировании не разбивается на блоки. Теоретически проверочные символы могут зависеть от неограниченно удаленных информационных. Это позволяет считать сверточные коды обобщением блочных.

Свёрточный кодер — это устройство, принимающее на каждом такте работы в общем случае k входных информационных символов, и

выдающее на выход каждого такта n выходных символов. Число $R = k/n$ называют относительной скоростью кода. k — число информационных символов, n — число передаваемых в канал связи символов за один такт поступления на кодер информационного символа. Выходные символы рассматриваемого такта зависят от m информационных символов, поступающих на этом и предыдущих тактах, то есть выходные символы свёрточного кода однозначно определяются его входными символами и состоянием, которое зависит от $m - k$ предыдущих информационных символов. Основными элементами свёрточного кода являются: регистр сдвига, сумматор по модулю 2, коммутатор.

Регистр сдвига — это динамическое запоминающее устройство, хранящее двоичные символы 0 и 1. Память кода определяет число триггерных ячеек m в регистре сдвига. Когда на вход регистра сдвига поступает новый информационный символ, то символ, хранящийся в крайнем правом разряде, выводится из регистра и сбрасывается. Остальные символы перемещаются на один разряд вправо и, таким образом, освобождается крайний левый разряд куда будет поступать новый информационный символ.

Сумматор по модулю 2 осуществляет сложение поступающих на него символов 1 и 0.

Коммутатор последовательно считывает поступающие на его входы символы и устанавливает на выходе очередность кодовых символов в канал связи. По аналогии с блоковыми кодами, свёрточные коды можно классифицировать на систематические и несистематические.

Систематический свёрточный код — это код, содержащий в своей выходной последовательности кодовых символов породившую её последовательность информационных символов. Иначе код называют *несистематическим*.

Катастрофическим называется такой свёрточный код, для которого конечное число ошибок, приобретенных в канале связи, может привести к бесконечному числу ошибок в декодированных символах.

При свёрточном кодировании преобразование информационных последовательностей в выходные и кодовые происходит непрерывно. Кодер двоичного свёрточного кода содержит сдвигающий регистр из m разрядов и сумматоры по модулю 2 для образования кодовых символов в выходной последовательности. Входы сумматоров соединены с определёнными разрядами регистра. Коммутатор на выходе устанавливает очередность отправки кодовых символов в канал

связи. Тогда структуру кода определяют нижеследующие характеристики.

1. *Число информационных символов*, поступающих за один такт на вход кодера — k .

2. *Число символов на выходе кодера* — n , соответствующих k , поступившим на вход символам в течение такта.

3. *Скорость кода* определяется отношением $R=k/n$ и характеризует избыточность, вводимую при кодировании.

4. *Избыточность кода* $\alpha = 1 - R = 1 - m/n$

5. *Вес* w двоичных кодовых последовательностей определяется числом «единиц», входящих в эту последовательность или кодовые слова.

6. *Кодовое расстояние* d показывает степень различия между i -й и j -й кодовыми комбинациями при условии их одинаковой длины. Для любых двух двоичных кодовых комбинаций кодовое расстояние равно числу несовпадающих в них символов. В общем виде кодовое расстояние может быть определено как суммарный результат сложения по модулю 2 одноименных разрядов кодовых комбинаций $d_{\{i,j\}} = \sum_{k=1}^L k_{\{i,k\}} \oplus k_{\{j,k\}}$, где $k_{\{i,j\}}$ и $k_{\{j,k\}}$ — k -е символы кодовых комбинаций i и j ; L — длина кодовой комбинации.

7. *Минимальное кодовое расстояние* d_{\min} — это наименьшее расстояние Хемминга для набора кодовых комбинаций постоянной длины. Для его нахождения необходимо перебрать все возможные пары кодовых комбинаций. Тогда получаем $d_{\min} = \min_{i,j} d_{i,j}$. Но это определение справедливо для блочных кодов имеющих постоянную длину. Сверточные коды являются непрерывными и характеризуются многими минимальными расстояниями, определяемыми длинами начальных сегментов кодовых последовательностей, между которыми берется минимальное расстояние. Число символов в принятой для обработки длине сегменты L определяет на приемной стороне число ячеек в декодирующем устройстве.

Задания к работе

1. Для двух выбранных кодов рассчитать:
— образующие полиномы в двоичном виде;

- число ячеек в регистре сдвига;
- коэффициент избыточности кода;
- кратность исправляемых ошибок;
- память кода по входу;
- память кода по выходу;
- маркировку кода.

2. Определить следующие характеристики заданных сверточных кодов:

- систематичность;
- инвариантность (прозрачность);
- катастрофичность.

3. Реализовать программы для кодирования заданными сверточными кодами.

4. Закодировать входную комбинацию «100000» для заданных сверточных кодов.

Варианты заданий. Полиномы заданы в десятичном виде. К примеру:
 $G1=14_{10}=1110_2=x^3+x^2+x$

Вариант	G1	G2	G3
1	7	5	–
2	15	13	–
3	31	21	–
4	29	29	–
5	27	25	–
6	39	32	–
7	53	47	–
8	59	49	–
9	103	93	–
10	121	91	–
11	229	159	–
12	249	167	–
13	491	369	–
14	7	7	5
15	15	13	11

Вариант	G1	G2	G3
16	31	27	21
17	61	43	39
18	121	117	91
19	247	217	149
20	13	11	8
21	31	27	11
22	61	43	21
23	121	117	39
24	247	217	91
25	13	11	5

Содержание отчёта

1. Номер и название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Задающие полиномы заданных сверточных кодов.
4. Все найденные свойства и параметры заданных сверточных кодов.
5. Схемы кодеров для заданных сверточных кодов.
6. Выходная последовательность заданного сверточного кода при поступлении на вход комбинаций:
 - 100 (00....)
 - 110 (00....)
 - 111 (00....)

Вопросы к защите

1. Приведите примеры кодеров систематического и несистематического сверточных кодов.
2. В чем отличие сверточных кодеров для скорости $1/2$, $1/3$ и $2/3$?
3. Объясните смысл названия “сверточные коды”.
4. Пусть задано свободное расстояние двоичного сверточного кода. Что можно сказать о гарантированном числе исправляемых и обнаруживаемых кодом ошибок?
5. Предположим, что все порождающие многочлены

сверточного кода имеют четный вес. Будет ли такой код катастрофическим?

6. Будет ли катастрофическим код, если вес всех порождающих многочленов нечетный?
7. Рассмотрим код с кодовым ограничением 4 и скоростью $1/2$. Сколько различных кодовых слов может быть получено при кодировании последовательности из 10 информационных символов?
8. Рассмотрим код с кодовым ограничением 4 и скоростью $1/2$. Сколько операций нужно выполнить, чтобы определить, является ли некоторая двоичная последовательность длины 20 кодовым словом? Какова была бы сложность решения этой же задачи для блочного кода?
9. Определите, какие из сверточных кодов с полиномами, перечисленными ниже и скоростью $1/2$ являются прозрачными или катастрофическими:
 - $G_1(X) = X^2$, $G_2(X) = 1+X+X^3$.
 - $G_1(X) = 1+X^2+X^4$, $G_2(X) = 1+X+X^3+X^4$.
 - $G_1(X) = 1+X+X^2+X^4$, $G_2(X) = 1+X^3+X^4$.
 - $G_1(X) = 1+X^4+X^5+X^6$, $G_2(X) = 1+X+X^3+X^5$.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Самостоятельная работа студентов

Студенты специальности 231000 выполняют индивидуальные домашние задания. Любой вид самостоятельной работы требует написание программы.

Темы ИДЗ

1. Оптимальное побуквенное кодирование и декодирование методом Шеннона-Фано.
2. Оптимальное побуквенное кодирование и декодирование методом Хаффмана.
3. Оптимальное блочное кодирование и декодирование методом Шеннона-Фано.
4. Оптимальное блочное кодирование и декодирование методом Хаффмана.
5. Арифметическое кодирование и декодирование.
6. Процедуры сжатия и распаковки LZW.
7. Код Хемминга. Кодирование и декодирование.
8. Циклическое кодирование и декодирование.
9. Коды BCH. Кодирование и декодирование.
10. Кодирование и декодирование непрерывных сигналов.

Указания к выполнению ИДЗ

1. Помехоустойчивое кодирование.

Студенту необходимо освоить алгоритмы кодирования и декодирования по данной теме. Построить программный модуль, в котором будут находиться процедуры кодирования и декодирования файлов. При вызове процедуры кодирования, подпрограмма должна запросить у пользователя имя файла. Далее подпрограмма запрашивает у пользователя параметры кода, строит порождающую матрицу и кодирует файл, разбивая данные в файле на блоки, соответствующие размеру кода. Во время кодирования подпрограмма должна создать новый файл, где будет храниться закодированная информация. Реализовать подпрограмму имитации передачи файла по каналу связи. Целью подпрограммы будет внесение произвольных ошибок в закодированный файл. При внесении ошибок учесть корректирующую способность кода. При вызове процедуры декодирования подпрограмма должна запросить у пользователя имя

Продолжение прил. 1

закодированного файла с возможными ошибками и параметры кода. Далее подпрограмма должна локализовать и исправить все ошибки. Если обнаружены ошибки, локализовать которые не удалось, вывести сообщение о повреждении данных с указанием повреждённого блока. Во время декодирования подпрограмма должна создать новый файл, где будет храниться декодированная информация. В случае успеха, входной файл и файл с декодированной информацией должны быть идентичны.

2. Арифметическое кодирование.

Студенту необходимо освоить алгоритмы арифметического кодирования и декодирования. Построить программный модуль, в котором будут находиться процедуры кодирования и декодирования файлов. При вызове процедуры кодирования, подпрограмма должна запросить у пользователя используемые символы и их вероятности, а также имя файла. Далее подпрограмма запрашивает у пользователя размер блоков и кодирует файл, разбивая данные в файле на блоки по n бит. Во время кодирования подпрограмма должна создать новый файл, куда будут записываться полученные числа. При вызове процедуры декодирования, подпрограмма должна запросить у пользователя используемые символы и их вероятности, а также имя закодированного файла и размер блоков. Далее подпрограмма должна декодировать числа и записать полученные последовательности в новый файл.

3. Процедуры сжатия и распаковки LZW.

Студенту необходимо освоить алгоритмы сжатия и распаковки LZW. Построить программный модуль, в котором будут находиться процедуры сжатия и распаковки файлов. При вызове процедуры сжатия, подпрограмма должна запросить у пользователя имя файла. Во время сжатия подпрограмма должна создать новый файл, где будет храниться сжатая информация. При вызове процедуры распаковки, подпрограмма должна запросить у пользователя имя сжатого файла. Во время распаковки подпрограмма должна создать новый файл, где будет храниться распакованная информация.

4. Оптимальное кодирование.

Студенту необходимо освоить алгоритмы оптимального кодирования и декодирования по данной теме. Построить программный модуль, в котором будут находиться процедуры

Окончание прил. 1

кодирования и декодирования файлов. При вызове процедуры кодирования, подпрограмма должна запросить у пользователя используемые символы и их вероятности, размер блока для кодирования (посимвольно, биграммами, триграммами и т.д.), а также имя файла. Во время кодирования подпрограмма должна создать новый файл, куда будет записываться закодированная информация. При вызове процедуры декодирования, подпрограмма должна запросить у пользователя используемые символы и их вероятности, размер блока декодирования, а также имя закодированного файла. Далее подпрограмма должна декодировать файл и записать полученную информацию в новый файл.

График сдачи индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и лабораторных (ЛР)

Неделя	2	4	5	6	7	9	11	13	15	17
Задание	ЛР №1	ЛР №2	ЛР №3	ЛР №4	ЛР №5	ЛР №6	ИДЗ	ЛР №7	ЛР №8	ЛР №9

Замечание. Все задания можно сдавать ранее указанного срока.

Пример плана оформления отчета об индивидуальном домашнем задании ИДЗ

Процедуры сжатия и распаковки LZW

1. Титульный лист.
2. Введение.
3. Постановка задачи.
4. Описание алгоритма сжатия.
5. Описание алгоритма распаковки.
6. Описание программной реализации (структуры данных, спецификации подпрограмм).
7. Тестовые данные (входная информация, сжатая информация, коэффициент сжатия).
8. График зависимости степени сжатия от объёма входного файла.
9. Исходный код программы.
10. Заключение.
11. Достоинства и недостатки алгоритма.
12. Список использованных источников.

Полезная информация

Таблицы частот

Таблица 1. Частоты букв европейских алфавитов (в процентах)

Буква алфавита	Французский язык	Немецкий язык	Английский язык	Испанский Язык	Итальянский язык
A	7,68	5,52	7,96	12,9	11,12
B	0,8	1,56	1,6	1,03	1,07
C	3,32	2,94	2,84	4,42	4,11
D	3,6	4,91	4,01	4,67	3,54
E	17,76	19,18	12,86	14,15	11,63
F	1,06	1,96	2,62	0,7	1,15
G	1,1	3,6	1,99	1	1,73
H	0,64	5,02	5,39	0,91	0,83
I	7,23	8,21	7,77	7,01	12,04
J	0,19	0,16	0,16	0,24	-
K	-	1,33	0,41	-	-
L	5,89	3,48	3,51	5,52	5,95
M	2,72	1,69	2,43	2,55	2,65
N	7,61	10,2	7,51	6,2	7,68
O	5,34	2,14	6,62	8,84	8,92
P	3,24	0,54	1,81	3,26	2,66
Q	1,34	0,01	0,17	1,55	0,48
R	6,81	7,01	6,83	6,95	6,56
S	8,23	7,07	6,62	7,64	4,81

Продолжение прил. 2

Буква алфавита	Французский язык	Немецкий язык	Английский язык	Испанский язык	Итальянский язык
Т	7,3	5,86	9,72	4,36	7,07
U	6,05	4,22	2,48	4	3,09
V	1,27	0,84	1,15	0,67	1,67
W	-	1,38	1,8	-	-
X	0,54	-	0,17	0,07	-
Y	0,21	-	1,52	1,05	-
Z	0,07	1,17	0,05	0,31	1,24

Таблица 2. Частоты знаков алфавита русского языка **(в процентах)**, в котором отождествлены Е с Ё, Ь с Ъ, а также имеется знак пробела (-) между словами.

- 0.175	О 0.090	Е, Ё 0.072	А 0.062
И 0.062	Т 0.053	Н 0.053	С 0.045
Р 0.040	В 0.038	Л 0.035	К 0.028
М 0.026	Д 0.025	П 0.023	У 0.021
Я 0.018	Ы 0.016	З 0.016	Ь, Ъ 0.014
Б 0.014	Г 0.013	Ч 0.012	Й 0.010
Х 0.009	Ж 0.007	Ю 0.006	Ш 0.006
Ц 0.004	Щ 0.003	Э 0.003	Ф 0.002

Таблица 3 (часть 1) Частоты биграмм для русского языка(в процентах)

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
А	2	12	35	8	14	7	6	15	7	7	19	27	19	45	5	11
Б	5					9	1		6			6		2	21	
В	35	1	5	3	3	32		2	17		7	10	3	9	58	6
Г	7				3	3			5		1	5		1	50	
Д	25		3	1	1	29	1	1	13		1	5	1	13	22	3
Е	2	9	18	11	27	7	5	10	6	15	13	35	24	63	7	16
Ж	5	1			6	12			5					6		
З	35	1	7	1	5	3			4		2	1	2	9	9	1
И	4	6	22	5	10	21	2	23	19	11	19	21	20	32	8	13
Й	1	1	4	1	3		1	2	4		5	1	2	7	9	7
К	24	1	4	1		4	1	1	26		1	4	1	2	66	2
Л	25	1	1	1	1	33	2	1	36		1	2	1	8	30	2
М	18	2	4	1	1	21	1	2	23		3	1	3	7	19	5
Н	54	1	2	3	3	34			58		3		1	24	67	2
О	1	28	84	32	47	15	7	18	12	29	19	41	38	30	9	18
П	7					15			4			9		1	46	
Р	55	1	4	4	3	37	3	1	24		3	1	3	7	56	2
С	8	1	7	1	2	25			6		40	13	3	9	27	11
Т	35	1	27	1	3	31		1	28		5	1	1	11	56	4
У	1	4	4	4	11	2	6	3	2		8	5	5	5	1	5
Ф	2					2			2						1	
Х	4	1	4	1	3	1		2	3		4	3	3	4	18	5
Ц	3					7			10		2				1	
Ч	12					23			13		2			6		
Ш	5					11			14		1	2		2	2	
Щ	3					8			6					1		
Ы		1	9	1	3	12		2	4	7	3	6	6	3	2	10
Ь		2	4	1	1	2		2	2		6		3	13	2	4
Э											1			1		
Ю		2	1	2	1			3	1		1		1	1	1	3
Я	1	3	9	1	3	3	1	5	3	2	3	3	4	6	3	6

Продолжение прил. 2

Таблица 3 (часть 2) Частоты биграмм для русского языка(в процентах)

	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
А	26	31	27	3	1	10	6	7	10	1			2	6	9
Б	8	1		6						1	11				2
В	6	19	6	7		1	1	2	4	1	18	1	2		3
Г	7			2											
Д	6	8	1	10			1	1	1		5	1			1
Е	39	37	33	3	1	8	3	7	3	3			1	1	2
Ж		1													
З	3	1		2							4				4
И	11	29	29	3	1	17	3	11	1	1			1	3	17
Й	3	10	2				1	3	2						
К	10	3	7	10			1								
Л		3	1	6		4		1			3	20		4	9
М	2	5	3	9	1			2			5	1	1		3
Н	1	9	9	7	1		5	2			36	3			5
О	43	50	39	3	2	5	2	12	4	3			2	3	2
П	41	1		6							2				2
Р	1	5	9	16		1	1	1	2		8	3			5
С	4	11	82	6		1	1	2	2		1	8			17
Т	26	18	2	10				1			11	21			4
У	7	14	7			1		8	3	2				9	1
Ф	1	1													
Х	3	4	2	2	1			1							
Ц				1							1				
Ч			7	1					1			1			
Ш				1								1			
Щ				1											
Ы	3	9	4	1		16		1	2						
Ь	1	11	3					1	4				1	3	1
Э		1	9												
Ю	1	1	7				1	1		4					
Я	3	6	10			2	1	4	1	1			1	1	1

Продолжение прил. 2

Таблица 4. Сочетаемость букв русского языка. Слева и справа от каждой буквы расположены наиболее предпочтительные "соседи".

Также в таблице указана доля гласных и согласных букв (**в процентах**), предшествующих (или следующих за) данной букве.

Г	С	Слева		Справа	Г	С
3	97	л, д, к, т, в, р, н	А	л, н, с, т, р, в, к, м	12	88
80	20	я, е, у, и, а, о	Б	о, ы, е, а, р, у	81	19
68	32	я, т, а, е, и, о	В	о, а, и, ы, с, н, л, р	60	40
78	22	р, у, а, и, е, о	Г	о, а, р, л, и, в	69	31
72	28	р, я, у, а, и, е, о	Д	е, а, и, о, н, у, р, в	68	32
19	81	м, и, л, д, т, р, н	Е	н, т, р, с, л, в, м, и	12	88
83	17	р, е, и, а, у, о	Ж	е, и, д, а, н	71	29
89	11	о, е, а, и	З	а, н, в, о, м, д	51	49
27	73	р, т, м, и, о, л, н	И	с, н, в, и, е, м, к, з	25	75
55	45	ь, в, е, о, а, и, с	К	о, а, и, р, у, т, л, е	73	27
77	23	г, в, ы, и, е, о, а	Л	и, е, о, а, ь, я, ю, у	75	25
80	20	я, ы, а, и, е, о	М	и, е, о, у, а, н, п, ы	73	27
55	45	д, ь, н, о	Н	о, а, и, е, ы, н, у	80	20
11	89	р, п, к, в, т, н	О	в, с, т, р, и, д, н, м	15	85
65	35	в, с, у, а, и, е, о	П	о, р, е, а, у, и, л	68	32
55	45	и, к, т, а, п, о, е	Р	а, е, о, и, у, я, ы, н	80	20
69	31	с, т, в, а, е, и, о	С	т, к, о, я, е, ь, с, н	32	68
57	43	ч, у, и, а, е, о, с	Т	о, а, е, и, ь, в, р, с	63	37
15	85	п, т, к, д, н, м, р	У	т, п, с, д, н, ю, ж	16	84
70	30	н, а, е, о, и	Ф	и, е, о, а, е, о, а	81	19
90	10	у, е, о, а, ы, и	Х	о, и, с, н, в, п, р	43	57
69	31	е, ю, н, а, и	Ц	и, е, а, ы	93	7
82	18	е, а, у, и, о	Ч	е, и, т, н	66	34
67	33	ь, у, ы, е, о, а, и, в	Ш	е, и, н, а, о, л	68	32
84	16	е, б, а, я, ю	Щ	е, и, а	97	3
0	100	м, р, т, с, б, в, н	Ы	л, х, е, м, и, в, с, н	56	44
0	100	н, с, т, л	Ь	н, к, в, п, с, е, о, и	24	76
14	86	с, ы, м, л, д, т,, р, н	Э	н, т, р, с, к	0	100
58	42	ь, о, а, и, л, у	Ю	д, т, щ, ц, н, п	11	89
43	57	о, н, р, л, а, и, с	Я	в, с, т, п, д, к, м, л	16	84

Таблица 5. Примитивные многочлены над GF (2).

Степень	Примитивные многочлены
2	$x^2 + x + 1$
3	$x^3 + x + 1$
4	$x^4 + x + 1$
5	$x^5 + x^2 + 1$
6	$x^6 + x + 1$
7	$x^7 + x^3 + 1$
8	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$
9	$x^9 + x^4 + 1$
10	$x^{10} + x^3 + 1$
11	$x^{11} + x^2 + 1$
12	$x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1$
13	$x^{13} + x^4 + x^3 + x + 1$
14	$x^{14} + x^{10} + x^6 + x + 1$
15	$x^{15} + x + 1$
16	$x^{16} + x^{12} + x^3 + x + 1$
17	$x^{17} + x^3 + 1$
18	$x^{18} + x^7 + 1$
19	$x^{19} + x^5 + x^2 + x + 1$
20	$x^{20} + x^3 + 1$
21	$x^{21} + x^2 + 1$
22	$x^{22} + x + 1$
23	$x^{23} + x^5 + 1$
24	$x^{24} + x^7 + x^2 + x + 1$
25	$x^{25} + x^3 + 1$
26	$x^{26} + x^6 + x^2 + x + 1$
27	$x^{27} + x^5 + x^2 + x + 1$
28	$x^{28} + x^3 + 1$

Библиографический список

1. *Иванов И.В.* Теория информационных процессов систем: учебное пособие. / И.В. Иванов. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 156 с.
2. *Вернер М.* Основы кодирования. / М. Вернер. – Изд-во «Техносфера» 2006 г. – 288с.
3. *Лидовский В.В.* Теория информации. / В. В. Лидовский – Изд-во М.: Спутник+: Наука, 2004. – 111 с.
4. *Чечёта С.И.* Введение в дискретную теорию информации и кодирования: учебное издание. / С.И. Чечёта – М.: МЦНМО, 2011. – 224 с.
5. *Цымбал В.П.* Теория информации и кодирование. / В.П. Цымбал – Киев, Издательское объединение «Вища школа», 1977. – 288 с.
6. *Цымбал В.П.* Задачник по теории информации и кодированию. / В.П.Цымбал – Киев, Издательское объединение «Вища школа», 1976. – 276 с.
7. *Блейхут Р.* Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. / Р. Блейхут – М.: Изд-во «Мир», 1986. – 576 с.: ил.
8. *Колесник В.Д.* Кодирование при передаче и хранении информации (Алгебраическая теория блочных кодов): Учеб.пособие для вузов/В.Д. Колесник – М.: Высш. шк., 2009. – 550 с.: ил.
9. *Михальчик Е.В.* Описание формата сжатия данных Deflate. Ссылка: http://compression.ru/download/articles/lz/mihalchik_deflate_decoding.html
10. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука. Москва: Техносфера, 2004. – 368с.

Учебное издание

ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 231000 — Программная инженерия

Составители: **Сергиенко** Елена Николаевна
Косолапов Станислав Александрович
Седых Артём

Подписано в печать 19.12.13 Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 2,8. Уч.-изд. л. 3,1.
Тираж 49 экз. Заказ Цена
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46