

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 19.07.2023 11:14:40
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине

«ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»

для направления подготовки **09.03.02 Информационные системы и
технологии**

направленность (профиль) **Информационные системы и технологии
обработки цифрового контента**

Пятигорск
2022

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Цель и задачи изучения дисциплины.....	3
2. Оборудование и материалы.....	3
3. Наименование лабораторных работ.....	3
4. Содержание лабораторных работ.....	4
Лабораторная работа №1	4
Лабораторная работа № 2.....	7
Лабораторная работа № 3.....	10
Лабораторная работа № 4.....	12
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

ВВЕДЕНИЕ

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Теория информационных процессов и систем» является освоение студентами теоретических и практических основ создания информационных систем, а также способов описания информационных систем.

Задачи дисциплины: определить современное состояние развития информационных систем и их классификацию; познакомить с методологиями и технологиями разработки информационных систем; представить этапы создания и проектирования информационных систем.

2. Оборудование и материалы

Для проведения практических занятий необходимо следующее материально-техническое обеспечение: персональный компьютер; проектор; возможность выхода в сеть Интернет для поиска по образовательным сайтам и порталам; интерактивная доска.

3. Наименование лабораторных работ

№ тем	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
5 семестр			
Тема 4. Энтропия дискретного сигнала. Количество информации. Свойства энтропии дискретных сообщений.			
4.	Лабораторная работа 1. <i>Нахождение энтропии дискретного сообщения.</i>	3	
Тема 6. Алфавитное кодирование информации. Критерий взаимной однозначности алфавитного кодирования			
6.	Лабораторная работа 2. <i>Определить, является ли код, с заданным кодирующим алфавитом однозначно декодируемым.</i>	3	3
6.	Лабораторная работа 2. <i>Построение графа по результатам алгоритма Маркова.</i>	1,5	
Тема 7. Эффективное кодирование, избыточность сообщений.			
7.	Лабораторная работа 3. <i>Определение коэффициента избыточности кода.</i>	3	
Тема 8. Метод Хаффмана.			
8.	Лабораторная работа 4. <i>Закодировать заданное выражение методом Хаффмана.</i>	3	
Итого за 5 семестр:		13,5	3
6 семестр			
Тема 9. Основы помехоустойчивого кодирования.			
10.	Лабораторная работа 5. <i>Основы помехоустойчивого кодирования. Линейные блочные коды. Код с проверкой на четность, итеративный код.</i>	3	
Тема 10. Код Хемминга.			
10	Лабораторная работа 6. <i>Выражение, закодированное методом Хаффмана алфавитом {0,1}, закодировать с помощью кода</i>	3	

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500064000043E
Владелец: Шелев Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

	Хемминга. Предположить, что в N -м символе кодового слова во время передачи произошла ошибка. Продemonстрировать ее обнаружение.		
Тема 11. Алгоритмы сжатия информации			
11.	Лабораторная работа 7. Закодировать заданное выражение кодами Зива-Лемпеля LZ77 и LZ78.	3	
Тема 12. Марковские случайные процессы, классификация. Марковские цепи			
12.	Лабораторная работа 8. Определить вероятности состояний системы после заданного количества интервалов времени.	3	
Тема 13. Непрерывные цепи Маркова, уравнение Колмогорова. Система гибели и размножения			
13.	Лабораторная работа 9. Определить вероятности состояний системы в стационарном режиме. Построить размеченный граф состояний при заданных значениях интенсивностей перехода.	3	
Тема 14. Классификация моделей массового обслуживания			
	Лабораторная работа 10. Компоненты и классификация моделей массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.	3	3
Тема 15. Многоканальная СМО с отказами. Многоканальная СМО с ожиданием			
16.	Лабораторная работа 11. Решить предложенную задачу по теории систем массового обслуживания. Реализовать вычисления в системе MathCad.	3	3
Тема 16. Критерии принятия решений в условиях неопределенности			
18.	Лабораторная работа 12. Принять решение в условиях неопределенности по матрице затрат используя критерии Лапласа, Вальда, Гурвица, Сэвиджа.	3	
	Итого за 6 семестр:	24	6
	Итого:	37,5	9

4. Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа №1.

Тема 1. Общие понятия информационных процессов. Основные понятия теории систем

Нахождение энтропии дискретного сообщения.

Цель работы. Научиться практически определять количество информации в дискретных сообщениях.

Теоретические основы.

Количество информации, содержащееся в дискретном сообщении (I) можно найти из простого соотношения:

$$I = n \cdot H,$$

где n — число символов в сообщении, H — энтропия источника сообщений, то есть среднее количество информации, приходящееся на один символ.

Энтропия источника сообщения определяется из основного соотношения теории информации, которое для удобства практического использования преобразуется к виду наиболее простому и удобному в зависимости от свойств дискретного источника сообщений. В случае, если символы источника сообщения появляются равновероятно и взаимно независимо, то для подсчета энтропии такого рода сообщений используют формулу Хартли:

$$I = n \cdot \log_2 m(\text{бит}), H_1 = \log_2 m(\text{бит}/\text{символ}),$$

где m — объем алфавита источника дискретных сообщений. Если символы источника сообщения генерируются с различными вероятностями, но взаимно независимы, то используют формулу Шеннона:

$$I = -n \cdot \sum_{i=1}^m P_{a_i} \cdot \log_2 P_{a_i}(\text{бит}),$$

$$H_2 = -\sum_{i=1}^m P_{a_i} \cdot \log_2 P_{a_i}(\text{бит}/\text{символ}),$$

где P_{a_i} — вероятность появления символа a_i .

В случае же не равновероятного появления символов источника сообщения и наличия статистических зависимостей между соседними символами энтропию такого источника можно определить с помощью формулы Шеннона с условными вероятностями:

$$H_2 = -\sum_{i=1}^m P_{a_i} \cdot \sum_{j=1}^m P\left(\frac{a_j}{a_i}\right) \cdot \log_2 P\left(\frac{a_j}{a_i}\right)(\text{бит}/\text{символ}),$$

где $P\left(\frac{a_j}{a_i}\right)$ — условная вероятность появления символа a_i после символа a_i

Содержание работы.

1. Посчитать среднее количество информации, приходящееся на один символ (энтропию) источника дискретных сообщений в случаях:

- а) — равновероятного и взаимно независимого появления символов;
- б) — не равновероятного и взаимно независимого появления символов;
- в) — при не равновероятном появлении символов и наличии статистических связей между соседними символами.

В качестве дискретного источника сообщений взять источник с объемом алфавита $m = 34$ (аналогичный по объему алфавита тексту на русском языке: 33 буквы и пробел), а его статистические характеристики смоделировать с помощью генератора случайных чисел.

2. Подсчитать количество информации в сообщении, представляющим собой Вашу фамилию, имя и отчество, считая, что символы сообщения появляются не равновероятно и независимо. Закон распределения символов найти путем анализа участка любого текста на русском языке длиной не менее 300 символов.

Выполнение.

Работа выполняется на персональном компьютере в программном средстве «Mathcad». Так как в этом программном продукте в качестве встроенных функций используются только функции натуральных и десятичных логарифмов, то в процессе выполнения работы необходимо выполнить переход к логарифмам по основанию 2 по формуле перехода к новому основанию

$$\log_b N = \frac{\log_a N}{\log_a b},$$

где a — основание известных логарифмов;
 b — основание требуемых логарифмов;
 N — логарифмируемая величина.

П.1.а. Используя формулу Хартли, найти энтропию указанного источника дискретных сообщений (H_1).

П.1.б. Смоделировать закон распределения символов дискретного источника сообщений, используя оператор `rnd (A)`, который генерирует случайные числа из диапазона $[0, A]$ по следующей программе:

$m := 34$ — задание объема алфавита (m);

$i := 1, 2, \dots, m$ — i - порядковый номер символа алфавита;

$r(i) = \text{rnd}(1)$ — генерирование 34 случайных чисел

в интервале от 0 до 1;

$l := \sum_i r(i)$ — нахождение суммы всех $r(i)$;

$P(i) := \frac{r(i)}{l}$ — $P(i)$ — вероятность появления i -го символа (a_i).

Проверить правильность вычислений, найдя сумму всех $P(i)$ при $i = 1, 2, \dots, m$.

Построить график закона распределения $P(i)$. Используя формулу Шеннона, определить энтропию смоделированного источника дискретных сообщений (H_2).

П.1.в. Смоделировать матрицу условных вероятностей появления символа a_j после символа a_i по следующей программе:

$m := 34$ — задание объема алфавита (m);

$i := 1, 2, \dots, m$ }
 $j := 1, 2, \dots, m$ } — порядковый номер символа алфавита;

$r(i, j) := \text{rnd}(1)$ — генерирование матрицы (34X34) случайных чисел в интервале от 0 до 1;

$W_i := \sum_j r(i, j)$ — нахождение суммы элементов в каждой строке матрицы $r(i, j)$;

$S(i, j) := \frac{r(i, j)}{W_i}$ — нормировка по строкам матрицы $r(i, j)$ с целью получения суммы элементов в каждой строке, равной 1;

$U_j := \sum_i S(i, j)$ — нахождение сумм элементов в каждом столбце матрицы $S(i, j)$;

$PP(i, j) := \frac{S(i, j)}{U_j}$ — нормировка по столбцам матрицы $S(i, j)$ с целью получения суммы элементов в каждом столбце, равной 1.

Полученные значения элементов матрицы $PP(i, j)$ приближенно можно считать условными вероятностями появления символа под номером j после i -го символа.

Используя формулу Шеннона с условными вероятностями определить энтропию смоделированного источника дискретных сообщений (H_3).

П.2. Определить вероятность появления каждого символа (буквы) P_i путем деления числа появлений этого символа (a_i) на общее число символов (не менее 300), входящих в сообщение. В случае, если какой-либо символ (из $m = 34$) в сообщении не встретился, считать, что он встретился 1 раз, иначе может возникнуть неопределенность в формуле Шеннона. Отсутствие какого-либо символа, принадлежащего алфавиту, свидетельствует лишь о том, что анализируемое сообщение не содержит достаточного числа символов (не достаточно длинное).

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Построить график закона распределения символов (букв). Проверить правильность полученного закона распределения, для чего найти сумму вероятностей появления каждого символа. Эта сумма должна быть равна 1.

С помощью формулы Шеннона найти энтропию (H_4) дискретного источника (текста на русском языке). Подсчитав число символов в Вашей фамилии, имени и отчестве (включая пробелы), найти количество информации, содержащейся в этом сообщении.

Контрольные вопросы.

1. Какие источники сообщений называют дискретными?
2. Для каких источников дискретных сообщений применимы формулы Хартли, Шеннона?
3. Каким образом описывается статистическая зависимость между соседними символами в дискретных сообщениях?
4. Дайте определение энтропии источника дискретных сообщений.
5. Как проверить правильность нахождения закона распределения символов источника дискретных сообщений?
6. Какой вид дискретных сообщений обладает наибольшей энтропией?

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: письменный отчет, собеседование.

Лабораторная работа № 2.

Тема 6. Алфавитное кодирование информации. Критерий взаимной однозначности алфавитного кодирования

Определить, является ли код, с заданным кодирующим алфавитом однозначно декодируемым.

Цель работы. Используя критерий взаимной однозначности алфавитного кодирования, определить является ли заданная схема кодирования взаимно-однозначной.

Теоретические основы.

В общем случае задачу кодирования можно представить следующим образом. Пусть заданы два алфавита A и B , состоящие из конечного числа символов:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}.$$

Элементы алфавита называются *буквами*. Упорядоченный набор в алфавите A назовем *словом*

$$\alpha = a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n,$$

где $i \in [1, n]$, число n показывает количество букв в слове и называется *длиной* слова α , обозначается: $n = l(\alpha) = |\alpha|$.

Пустое слово обозначается:

$$\Lambda : l(\Lambda) = |\Lambda| = 0$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Для слова

$$\alpha = a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$$

буква a_1 , называется *началом*, или *префиксом*, слова α , а буква a_n – *окончанием*, или *постфиксом*, слова α . Слова можно соединять. Для этого префикс второго слова должен следовать сразу за постфиксом первого, при этом в новом слове они, естественно, утрачивают свой статус, если только одно из слов не было пустым. Соединение слов α_1 и α_2 обозначается $\alpha_1 \alpha_2$, соединение n одинаковых слов α обозначается α^n , причем $\alpha^0 = \Lambda$. Множество всех непустых слов алфавита A обозначим A^* :

$$A^* = \{ \alpha \mid l(\alpha) > 0 \}$$

Множество A называют *алфавитом* сообщений, а множество B – *кодирующим алфавитом*. Множество слов, составленных в алфавите B , обозначим B^* . Обозначим через F отображение слов алфавита A в алфавит B . Тогда слово $\beta = F(\alpha)$ назовем *кодом* слова α .

Кодированием называют универсальный способ отображения информации при ее хранении, передаче и обработке в виде системы соответствий между элементами сообщений и сигналами, при помощи которых эти элементы можно зафиксировать. Таким образом, *код* – правило однозначного преобразования (т.е. функция) сообщения из одной символической формы представления (исходного алфавита A) в другую (объектный алфавит B), обычно без каких-либо потерь информации. Процесс преобразования $F: A^* \rightarrow B^*$ слов исходного алфавита A в алфавит B называется *кодированием* информации. Процесс обратного преобразования слова $\beta \in B^*$ в слово $\alpha \in A^*$ называется *декодированием*. Таким образом, декодирование – функция, обратная F , т.е. F^{-1} . Так как для любого кодирования должна выполняться операция декодирования, то отображение должно быть обратимым (*биекция*). Если $|B| = m$, то F называется *m-ичным кодированием*, наиболее распространенный случай $B = \{0, 1\}$ – *двоичное кодирование*. Именно этот случай и рассматривается в дальнейшем.

Если все кодовые слова имеют одинаковую длину, то код называется *равномерным*, или *блочным*. Алфавитное (или побуквенное), кодирование можно задать *таблицей кодов*. Кодом или кодирующей функцией, будет служить некоторая подстановка σ . Тогда

$$\sigma = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_n \\ \beta_1 & \beta_2 & \dots & \beta_n \end{pmatrix}$$

Такое побуквенное кодирование обозначается K_{β}^{α} . Множество кодов букв $\{\beta_i\}$ называется *множеством элементарных кодов*. Алфавитное кодирование можно использовать для любого множества сообщений. Таким образом, алфавитное кодирование является самым простым, и его всегда можно ввести на непустых алфавитах.

Содержание работы.

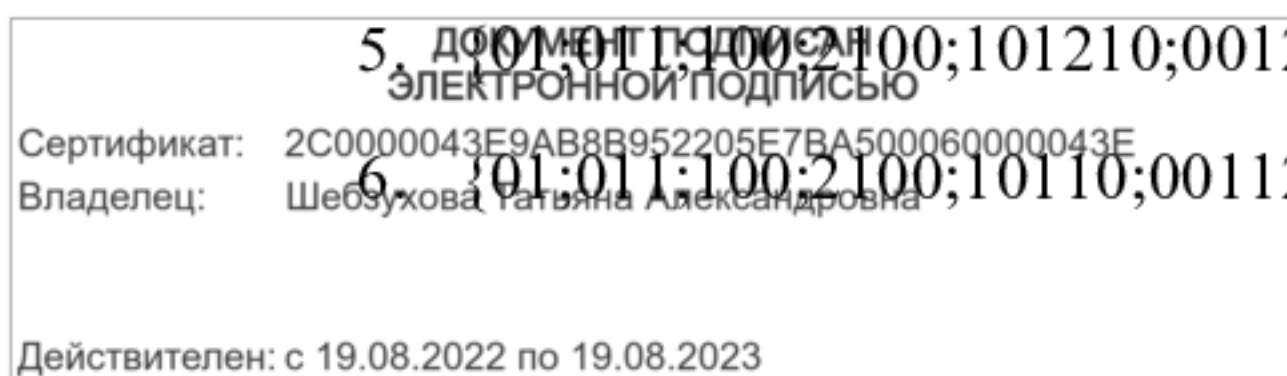
Определить, является ли код, с кодирующим алфавитом $\{0;1;2\}$ однозначно декодируемым.

Варианты:

1. $\{01;201;112;122;0112;0102\}$
2. $\{001;021;102;201;001121;01012101\}$
3. $\{01;110;102;222;0010001001\}$
4. $\{20;01202;22;2001;2012010;1112\}$

5. $\{0011;1002100;101210;001210\}$

6. $\{01;011;100;2100;10110;00112\}$



7. {01;12;021;0102;10112;22221}
8. {01;012;111;0102;10112;01112}
9. {01;02;12;012;0102;020112}
10. {01;10;210;121;0210;0112}

Выполнение.

Для вывода общего критерия взаимной однозначности понадобится следующее понятие. Представление элементарного кода β_i схемы алфавитного кодирования в виде

$$\beta_i = \beta' \beta_{i1} \dots \beta_{in} \beta''$$

где слово β' не может оканчиваться на элементарный код, а слово β'' начинаться с элементарного кода, будем называть нетривиальным разложением элементарного кода. При этом одно из слов β' или β'' может быть пустым ($\wedge$). Для определения однозначности или неоднозначности схемы алфавитного кодирования существует эффективный алгоритм, использующий понятие нетривиального разложения элементарных кодов.

1. Для каждого элементарного кода выписываем все нетривиальные разложения.
2. Выписываем множество M_1 состоящее из слов β' , которые входят в качестве начал в нетривиальные разложения элементарных кодов.
3. Выписываем множество M_2 , состоящее из всех слов β'' , которые являются окончанием нетривиальных разложений элементарных кодов.
4. Составляем множество $M = M_1 \cup M_2 \cup \{\wedge\}$, т.е. множество слов, встречающихся как в качестве начала, так и в качестве окончания в нетривиальных разложениях элементарных кодов.
5. Выписываем все разложения элементарных кодов, связанных с множеством M , т.е. все разложения элементарных кодов вида:

$$\beta_i = \beta' \beta_{i1} \dots \beta_{in} \beta'',$$

где $\beta', \beta'' \in M$, а k может быть равно 0.

6. По разложениям, полученным в пункте 5, строится ориентированный граф следующим образом. Вершины графа отождествляют с элементами множества M . Пара вершин β' и β'' соединяются ориентированными ребрами в том и только в том случае, если существует разложение $\beta' \beta_{i1} \dots \beta_{in} \beta''$. При этом ребру (β', β'') приписывается слово $\beta_{i1} \dots \beta_{in}$, соответствующее этому разложению.

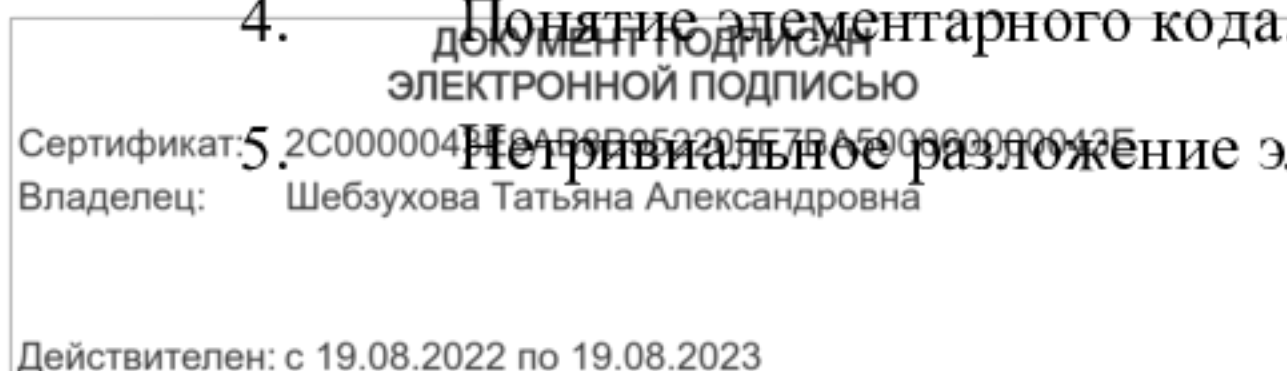
7. По полученному графу легко проверить, обладает или нет исходная схема кодирования свойством взаимной однозначности.

Теорема А.А. Маркова: Алфавитное кодирование не обладает свойством взаимной однозначности тогда и только тогда, когда граф содержит ориентированный цикл, проходящий через вершину $\wedge$.

Контрольные вопросы.

1. Что такое кодирование информации и для чего оно используется?
2. Охарактеризуйте основные принципы кодирования.
3. Что такое алфавиты и как они используются?
4. Понятие элементарного кода.

5. Нетривиальное разложение элементарного кода.



6. Сформулируйте теорему Маркова.
7. Что определяет неравенство Макмиллана?

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: письменный отчет, собеседование.

Лабораторная работа № 3.

Тема 8. Метод Хаффмана.

Закодировать заданное выражение методом Хаффмана.

Цель работы.

Использование метода эффективного кодирования.

Теоретические основы.

Введем понятие кодового дерева для множества кодовых слов. Наглядное графическое изображение множества кодовых слов можно получить, установив соответствие между сообщениями и концевыми узлами двоичного дерева. Пример двоичного кодового дерева изображен на рисунке 3. Две ветви, идущие от корня дерева к узлам первого порядка, соответствуют выбору между 0 и 1 в качестве первого символа кодового слова: левая ветвь соответствует 0, а правая – 1. Две ветви, идущие из узлов первого порядка, соответствуют второму символу кодовых слов, левая означает 0, а правая – 1 и т.д. Ясно, что последовательность символов каждого кодового слова определяет необходимые правила продвижения от корня дерева до концевого узла, соответствующего рассматриваемому сообщению.

Формально кодовые слова могут быть приписаны также промежуточным узлам. Например, промежуточному узлу второго порядка на рис. 3 можно приписать кодовое слово 11, которое соответствует первым двум символам кодовых слов, соответствующих концевым узлам, порождаемым этим узлом. Однако кодовые слова, соответствующие промежуточным узлам, не могут быть использованы для представления сообщений, так как в этом случае нарушается требование префиксности кода. Требование, чтобы только концевые узлы сопоставлялись сообщениям, эквивалентно условию, чтобы ни одно из кодовых слов не совпало с началом (префиксом) более длинного кодового слова.



Пример двоичного кодового дерева

Любой код, кодовые слова которого соответствуют различным конечным вершинам некоторого двоичного кодового дерева, является префиксным, т.е. однозначно декодируемым.

Одним из часто используемых методов эффективного кодирования является так называемый код Хаффмана.

Содержание работы.

Осуществить кодирование методом Хаффмана заданной фразы:

1. A man who has not been flogged is not educated
2. Many a good cow hath an evil (bad) calf
3. Many a good father has but a bad son
4. Many a little makes a tickle
5. Many a true word is spoken in jest
6. Many commanders sink the ship
7. Many physicians have killed the king
8. Marriages are made in heaven
9. A man is known by the company he keeps
10. Man proposes, God disposes

Выполнение.

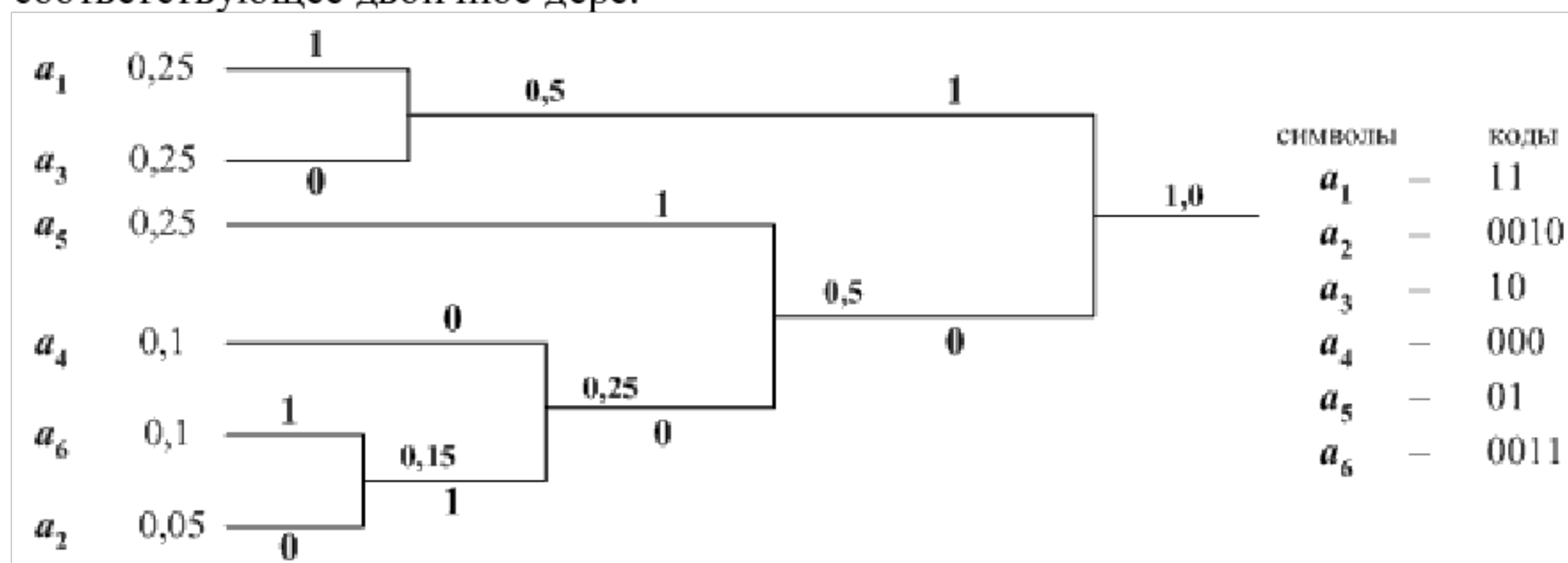
Шаг 1. Упорядочиваем символы исходного алфавита в порядке невозрастания их вероятностей. (Записываем их в столбец.)

Шаг 2. Объединяем два символа с наименьшими вероятностями. Символу с большей вероятностью приписываем "1", символу с меньшей – "0" в качестве элементов их кодов.

Шаг 3. Считаем объединение символов за один символ с вероятностью, равной сумме вероятностей объединенных символов.

Шаг 4. Возвращаемся на Шаг 2 до тех пор, пока все символы не будут объединены в один с вероятностью, равной единице.

Закодируем тот же 6-буквенный алфавит методом Хаффмана, изобразив соответствующее двоичное дерево.



Двоичное дерево, соответствующее кодированию по методу Хаффмана

Считывание кода идет от корня двоичного дерева к его вершинам с обозначением символов. Это обеспечивает префиксность кода. Метод Хаффмана также содержит неоднозначность, поскольку в алфавите могут оказаться несколько символов с

одинаковой вероятностью, и код будет зависеть от того, какие символы мы будем объединять в первую очередь.

Контрольные вопросы.

1. В чем смысл понятия: избыточность сообщения?
2. Что определяет коэффициент избыточности?
3. Алгоритм построения дерева Хаффмана.
4. Какие задачи решает кодирование методом Хаффмана?

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: письменный отчет, собеседование.

Лабораторная работа № 4.

Тема 12. Марковские случайные процессы, классификация. Марковские цепи

Определить вероятности состояний системы после заданного количества интервалов времени.

Цель работы.

Освоить понятия: Классификация Марковских процессов. Граф состояний цепи Маркова. Матрица вероятностей перехода, ее свойства. Рекуррентная формула для вычисления вероятностей состояний системы.

Теоретические основы.

Марковский случайный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем называют *марковской цепью*. Для такого процесса моменты $t_1, t_2, \dots, t_k$, когда система S может менять свое состояние, рассматривают как последовательные шаги процесса, а в качестве аргумента, от которого зависит процесс, выступает не время t , а номер шага $1, 2, \dots, k$. Случайный процесс в этом случае характеризуется последовательностью состояний $S(0), S(1), S(2), \dots, S(k), \dots$, где $S(0)$ – начальное состояние системы (перед первым шагом); $S(1)$ – состояние системы после первого шага; $S(k)$ – состояние системы после k -го шага. Событие $\{S(k) = S_i\}$, состоящее в том, что сразу после k -го шага система находится в состоянии S_i ($i = 1, 2, \dots$), является случайным событием. Последовательность состояний $S(0), S(1), S(2), \dots, S(k), \dots$ можно рассматривать как последовательность случайных событий. Начальное состояние $S(0)$ может быть заданным заранее или случайным. Вероятностями состояний цепи Маркова называются вероятности $P_i(k)$ того, что после k -го шага (и до $(k+1)$ -го) система S будет находиться в состоянии S_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Очевидно, что для любого k выполняется условие:

$$\sum_{i=1}^n P_i(k) = 1$$

Начальным распределением вероятностей марковской цепи называется распределение вероятностей состояний в начале процесса:

$$P_1(0), P_2(0), \dots, P_i(0), \dots, P_n(0).$$

В частном случае, если начальное состояние системы S в точности известно $S(0) = S_i$, то начальная вероятность $P_i(0) = 1$, а все остальные равны нулю. Вероятностью перехода (переходной вероятностью) на k -ом шаге из состояния S_i в состояние S_j называется вероятность того, что система S после k -го шага окажется в состоянии S_j при условии, что непосредственно перед этим (после $(k-1)$ -го шага) она находилась в состоянии S_i .

Поскольку система может пребывать в одном из n состояний, то для каждого момента времени t необходимо задать n^2 вероятностей перехода P_{ij} , которые удобно представить в виде следующей матрицы:

$$(P_{ij}) = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

где P_{ij} – вероятность перехода за один шаг из состояния S_i в состояние S_j ;

P_{ii} – вероятность задержки системы в состоянии S_i .

Эта матрица называется переходной или матрицей переходных вероятностей. Если переходные вероятности не зависят от номера шага (от времени), а зависят только от того, из какого состояния в какое осуществляется переход, то соответствующая цепь Маркова называется *однородной*. Переходные вероятности однородной марковской цепи P_{ij} образуют квадратную матрицу размера $n \times n$. Отметим некоторые ее особенности:

1. Каждая строка характеризует выбранное состояние системы, а ее элементы представляют собой вероятности всех возможных переходов за один шаг из выбранного (из i -го) состояния, в том числе и переход в самое себя;

2. Элементы столбцов показывают вероятности всех возможных переходов системы за один шаг в заданное (j -ое) состояние (иначе говоря, строка характеризует вероятность перехода системы из состояния, а столбец – в состояние);

3. Сумма вероятностей каждой строки равна единице, так как переходы образуют полную группу несовместных событий:

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, \quad i=1, \dots, n;$$

4. По главной диагонали матрицы переходных вероятностей стоят вероятности P_{ii} того, что система не выйдет из состояния S_i , а останется в нем. Если для однородной марковской цепи заданы начальное распределение вероятностей и матрица переходных вероятностей, то вероятности состояний системы $P_i(k)$, ($i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, n$) определяются по рекуррентной формуле:

$$P_i(k) = \sum_{j=1}^n P_j(k-1) P_{ji}, \quad (i=1, \dots, n).$$

Содержание работы.

Даны матрицы переходных характеристик. Определить вероятности состояний системы после заданного количества интервалов времени (N). Привести сигнальный граф системы и все вычисления. Начальные условия: $P_1(0)=1, P_2(0)=P_3(0)=\dots=0$.

Варианты:

1. $N=3$

0,5	0,3	0,2	0
0	0,4	0,4	0,2
0	0	0,3	0,7
0	0	0	1

2. $N=4$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ			
0,5	0,3	0,2	
0	0,4	0,4	0,6
0,7	0	0,3	

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

3. N=3

0,5	0,3	0,2	0
0	0,4	0,3	0,3
0	0	0,4	0,6
0	0	0	1

4. N=4

0,5	0,3	0,2
0	0,4	0,6
0	0	1

5. N=3

0,5	0,3	0,2	0
0	0,4	0,4	0,2
0	0	0,3	0,7
0	0	0	1

Выполнение.

Сформулируем методику моделирования по схеме дискретных марковских процессов (марковских цепей).

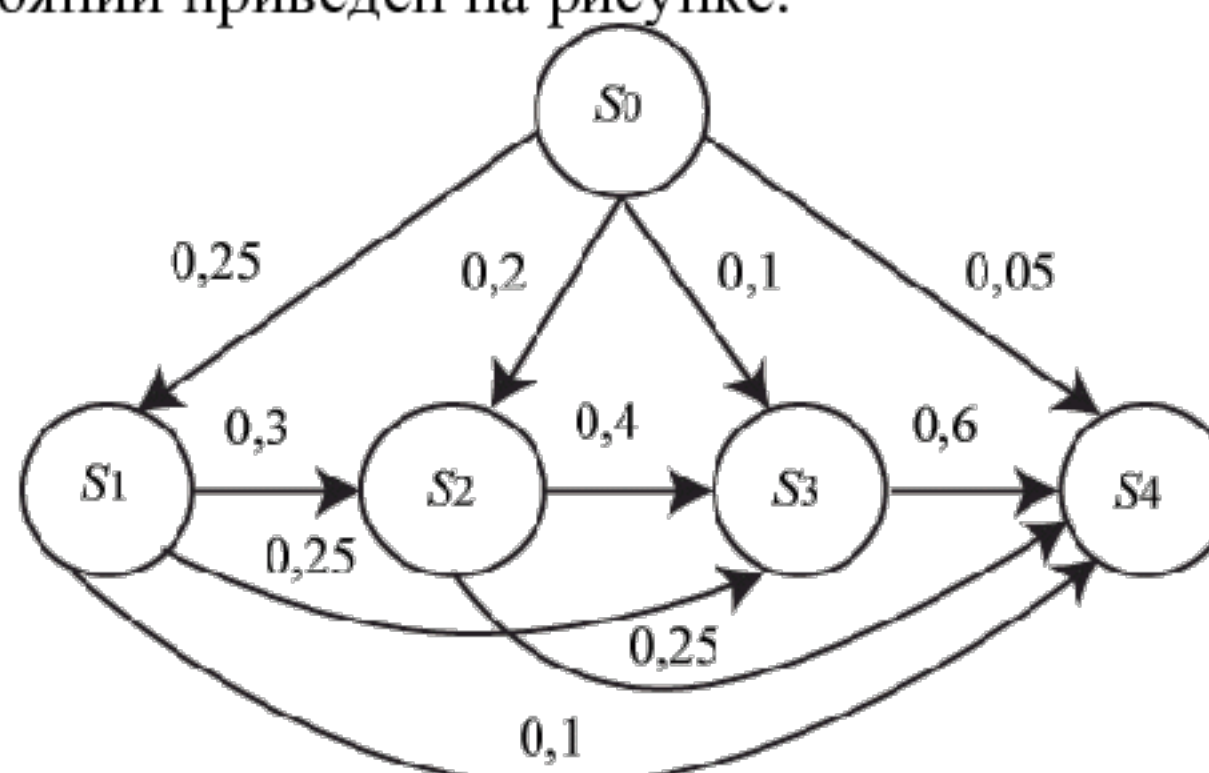
1. Зафиксировать исследуемое свойство системы. Определение свойства зависит от цели исследования.
2. Определить конечное число возможных состояний системы и убедиться в правомерности моделирования по схеме дискретных марковских процессов.
3. Составить и разметить граф состояний.
4. Определить начальное состояние.
5. По рекуррентной зависимости определить искомые вероятности.

Пример. По группе из четырех объектов производится три последовательных выстрела. Найти вероятности состояний группы объектов после третьего выстрела.

Матрица переходных вероятностей имеет вид:

$$||P_{ij}|| = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,25 & 0,2 & 0,1 & 0,05 \\ 0 & 0,35 & 0,3 & 0,25 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,45 & 0,4 & 0,15 \\ 0 & 0 & 0 & 0,4 & 0,6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Размеченный граф состояний приведен на рисунке.



Размеченный граф состояний четырех объектов

Решение:

Так как до первого выстрела все объекты целы, то $p_1(0) = 1$.

После первого выстрела все значения вероятностей $p_j(1)$ соответствуют первой строке матрицы переходных вероятностей. Рассчитаем вероятности остальных состояний.

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

5.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционный курс проводится в аудиториях, оснащенных мультимедийным проектором. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, в которых установлена программа Microsoft Visual Studio 2010, 2012, а также другие системы для разработки программных приложений.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению контрольной работы

по дисциплине

«ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»

для направления подготовки **09.03.02 Информационные системы и технологии**

направленность (профиль) **Информационные системы и технологии
обработки цифрового контента**

**Пятигорск
2023**

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ 3
2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ 3
3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ 3
4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ 8
5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РАБОТЫ 14
6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ 14
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 15

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания содержат перечень вариантов заданий для контрольных работ, требования к оформлению контрольных работ, пример выполнения задания, а также [учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины](#)

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр					
ПК-1 ПК-3	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	12,6	1,4	14
ПК-1 ПК-3	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	27	3	30
ПК-1 ПК-3	Подготовка доклада	Доклад	9	1	10
Итого за 5 семестр			48,6	5,4	54
ПК-1 ПК-3	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	1,8	0,2	2
ПК-1 ПК-3	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	5,40	0,6	6
ПК-1 ПК-3	Подготовка доклада	Доклад	9	1	10
Итого за 6 семестр			16,2	1,8	18
Итого			64,8	7,2	72

1. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

Контрольная работа включает в себе вопросы по темам, которые нужно изучить о и по ним подготовить отчет. Результаты выполнения контрольной работы предоставляются в электронном виде и распечатанном виде. Объем контрольной работы составляет 10-15 печатных листов формата А4.

Варианты заданий выбираются из таблицы по последней цифре зачетной книжки.

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Контрольная работа выполняется и сдается в электронном виде на CD/CDRW носителе и в распечатанном виде. На конверте необходимо указать название дисциплины, ФИО студента, факультет, номер группы, шифр зачетной книжки, № варианта задания, и список всех созданных в ходе выполнения задания файлов.

Приведенный в конце методических указаний список литературы может использоваться студентами при выполнении контрольной работы.

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Задание № 1:

Тема 1. Общие понятия информационных процессов. Основные понятия теории систем.

Описать математические методы и модели следующих систем (постановка задачи, основные уравнения).

Базовый уровень

1. Детерминированные системы.
2. Случайные процессы.
3. Одноканальные СМО (системы массового обслуживания) с отказами.
4. Одноканальные СМО (системы массового обслуживания) с очередью.
5. Многоканальные СМО (системы массового обслуживания) с отказами.

Повышенный уровень

6. Многоканальные СМО (системы массового обслуживания) с очередью.
7. Марковские случайные процессы.
8. Дискретные детерминированные системы (конечные автоматы).
9. Сети Петри.
10. Стационарные случайные процессы.

Задание № 2:

Темы 7-8. Эффективное кодирование, избыточность сообщений. Метод Хаффмана.

Осуществить кодирование методом Хаффмана заданной фразы:

Базовый уровень

11. A man who has not been flogged is not educated
12. Many a good cow hath an evil (bad) calf
13. Many a good father has but a bad son
14. Many a little makes a tickle
15. Many a true word is spoken in jest

Повышенный уровень

16. Many commanders sink the ship
17. Many physicians have killed the king
18. Marriages are made in heaven
19. A man is known by the company he keeps
20. Man proposes, God disposes

Задание № 3:

Базовый уровень

Выбрать из задания 2 код слова (или фразы, не менее 6-ти символов). Закодировать его с помощью кода Хэмминга. Предположить, что в N -м символе кодового слова в процессе передачи по каналу связи, произошла ошибка.

Повышенный уровень

Продемонстрировать обнаружение ошибки в сообщении, закодированном кодом Хэмминга.

Задание № 4:

Темы 12-13. Марковские случайные процессы, классификация. Марковские цепи. Непрерывные цепи Маркова, уравнение Колмогорова. Система гибели и размножения.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Даны матрицы переходных характеристик. Определить вероятности состояний системы после заданного количества интервалов времени (N). Привести сигнальный граф системы и все вычисления. Начальные условия: $P_1(0)=1$, $P_2(0)=P_3(0)=\dots=0$.

Базовый уровень

1. N=2

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>0</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,3</u>	<u>0,7</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>

2. N=4

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,6</u>
<u>0,7</u>	<u>0</u>	<u>0,3</u>

3. N=3

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>0</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,6</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>

4. N=3

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,6</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>

5. N=4

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>0</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,3</u>	<u>0,7</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>

Повышенный уровень

6. N=5

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
<u>0,2</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>
<u>0</u>	<u>0,7</u>	<u>0,3</u>

7. N=3

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>0</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,3</u>	<u>0,7</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,1</u>

8. N=4

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0,6</u>	<u>0,4</u>
<u>0</u>	<u>0,8</u>	<u>0,2</u>

9. N=2

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>0</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,3</u>	<u>0,7</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,1</u>

10. N=4

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
------------	------------	------------

Сертификат: 2C0000043E9AB0D052205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

<u>0</u>	<u>0,6</u>	<u>0,4</u>
<u>0</u>	<u>0,7</u>	<u>0,3</u>

Задание № 5:

Темы 14-16. Компоненты и классификация моделей массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами. Одноканальная СМО с ожиданием и ограниченной очередью. Одноканальная СМО с ожиданием и неограниченной очередью. Многоканальная СМО с отказами. Многоканальная СМО с ожиданием.

Получить характеристики СМО и определить финальные вероятности (если существуют).

Базовый уровень

1. Мастерская по ремонту бытовой аппаратуры имеет пять мастеров ($n = 7$). В среднем в течение рабочего дня от населения поступает в ремонт 10 аппаратов ($\lambda = 10$). Общее число аппаратуры у населения очень велико, выходит она из строя в случайные моменты времени независимо друг от друга. Поэтому можно считать поток требований на обслуживание пуассоновским. Мастера имеют одинаковую квалификацию. В среднем один мастер обслуживает 5 аппарата в день ($\mu = 5$). Определить параметры эффективности работы системы.
2. Билетная касса работает без перерыва. Билеты продает один кассир. Среднее время обслуживания — 6 мин. На каждого человека. Среднее число пассажиров, желающих приобрести билеты в кассе в течение одного часа, равно $\lambda = 10$ пасс/час. Все потоки в системе простейшие. Определите среднюю длину очереди, вероятность простоя кассира, среднее время нахождения пассажира в билетной кассе (в очереди и на обслуживании), среднее время ожидания в очереди в условиях стационарного режима работы кассы.
3. Пост диагностики автомобилей представляет собой одноканальную СМО с отказами. Заявка на диагностику, поступившая в момент, когда пост занят, получает отказ. Интенсивность потока заявок на диагностику $\lambda = 0,8$ автомобиля в час. Средняя продолжительность диагностики $t = 1,2$ часа. Все потоки событий в системе простейшие. Определить вероятностные характеристики системы в установившемся режиме.
4. В бухгалтерии предприятия имеются два кассира, каждый из которых может обслужить в среднем 30 сотрудников в час. Поток сотрудников, получающих заработную плату, — простейший, с интенсивностью, равной 50 сотрудников в час. Очередь в кассе не ограничена. Дисциплина очереди не регламентирована. Время обслуживания подчинено экспоненциальному закону распределения. Вычислите вероятностные характеристики СМО в стационарном режиме и определите целесообразность приема третьего кассира на предприятие, работающего с такой же производительностью, как и первые два.
5. Мастерская по ремонту бытовой аппаратуры имеет трех мастеров ($n = 3$). В среднем в течение рабочего дня от населения поступает в ремонт 10 аппаратов ($\lambda = 10$). Общее число аппаратуры у населения очень велико, выходит она из строя в случайные моменты времени независимо друг от друга. Поэтому можно считать поток требований на обслуживание пуассоновским. Мастера имеют одинаковую квалификацию. В среднем один мастер обслуживает 2,5 аппарата в день ($\mu = 2,5$). Определить параметры эффективности работы системы.

Повышенный уровень

6. Билетная касса работает без перерыва. Билеты продает один кассир. Среднее время обслуживания — 2 мин. На каждого человека. Среднее число пассажиров, желающих приобрести билеты в кассе в течение одного часа, равно $\lambda = 20$ пасс/час.

Сертификат:	2C00060743E9AB8B952205E7BA5000000000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

- Все потоки в системе простейшие. Определите среднюю длину очереди, вероятность простоя кассира, среднее время нахождения пассажира в билетной кассе (в очереди и на обслуживании), среднее время ожидания в очереди в условиях стационарного режима работы кассы.
7. Пост диагностики автомобилей представляет собой одноканальную СМО с отказами. Заявка на диагностику, поступившая в момент, когда пост занят, получает отказ. Интенсивность потока заявок на диагностику $\lambda = 0,4$ автомобиля в час. Средняя продолжительность диагностики $t = 0,5$ часа. Все потоки событий в системе простейшие. Определить вероятностные характеристики системы в установившемся режиме.
 8. В бухгалтерии предприятия имеются два кассира, каждый из которых может обслужить в среднем 20 сотрудников в час. Поток сотрудников, получающих заработную плату, — простейший, с интенсивностью, равной 30 сотрудников в час. Очередь в кассе не ограничена. Дисциплина очереди не регламентирована. Время обслуживания подчинено экспоненциальному закону распределения. Вычислите вероятностные характеристики СМО в стационарном режиме и определите целесообразность приема третьего кассира на предприятие, работающего с такой же производительностью, как и первые два.
 9. Мастерская по ремонту бытовой аппаратуры имеет пять мастеров ($n = 5$). В среднем в течение рабочего дня от населения поступает в ремонт 15 аппаратов ($\lambda = 15$). Общее число аппаратуры у населения очень велико, выходит она из строя в случайные моменты времени независимо друг от друга. Поэтому можно считать поток требований на обслуживание пуассоновским. Мастера имеют одинаковую квалификацию. В среднем один мастер обслуживает 4 аппарата в день ($\mu = 4$). Определить параметры эффективности работы системы.
 10. Билетная касса работает без перерыва. Билеты продает один кассир. Среднее время обслуживания — 5 мин. На каждого человека. Среднее число пассажиров, желающих приобрести билеты в кассе в течение одного часа, равно $\lambda = 15$ пасс/час. Все потоки в системе простейшие. Определите среднюю длину очереди, вероятность простоя кассира, среднее время нахождения пассажира в билетной кассе (в очереди и на обслуживании), среднее время ожидания в очереди в условиях стационарного режима работы кассы.

Задание № 6:

Тема 17. Современные методы принятия решений. Принятие решений в условиях неопределенности. Критерии принятия решений в условиях неопределенности.

Необходимо принять решение в условиях неопределенности по матрице затрат с использованием различных критериев (Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица).

Базовый уровень

1.

	S1	S2	S3	S4
R1	6	12	20	24
R2	9	7	9	28
R3	23	18	15	19
R4	27	24	21	15

2.

	S1	S2	S3	S4
R1	6	2	20	24
R2	9	7	9	28
R3	3	8	15	19

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000048E
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

3.

	S1	S2	S3
R1	26	12	20
R2	9	27	9
R3	23	18	15

4.

	S1	S2	S3	S4
R1	6	12	20	24
R2	9	27	9	28
R3	23	18	15	19
R4	27	24	21	15

5.

	S1	S2	S3	S4
R1	6	12	20	24
R2	9	27	49	28
R3	23	18	15	19

Повышенный уровень

6.

	S1	S2	S3
R1	6	12	20
R2	9	37	9
R3	15	10	12

7.

	S1	S2	S3	S4
R1	6	12	20	24
R2	9	7	19	28
R3	33	18	15	19
R4	27	24	21	15

8.

	S1	S2	S3	S4
R1	6	12	20	24
R2	19	17	19	28
R3	23	18	15	19

9.

	S1	S2	S3
R1	16	12	30
R2	29	27	29
R3	8	25	17

10.

	S1	S2	S3	S4
R1	16	12	20	24
R2	29	27	29	28
R3	23	18	15	19

4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание № 1. Описать математические методы и модели систем (постановка задачи, основные уравнения).

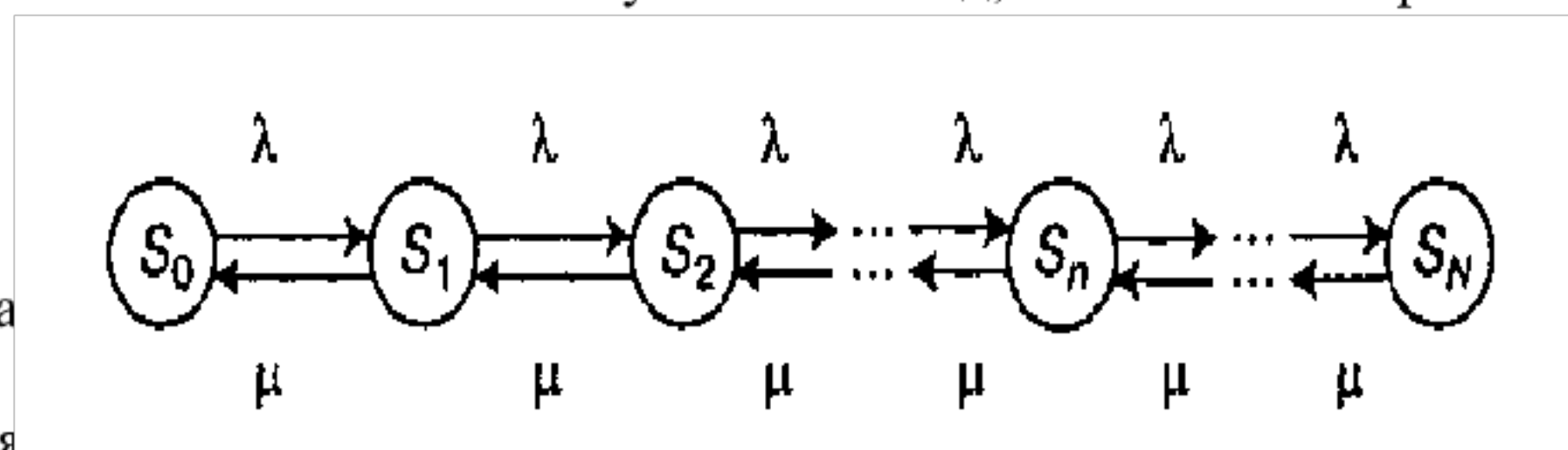
ОДНОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (СМО) С ОЧЕРЕДЬЮ

Система массового обслуживания имеет один канал. Входящий поток заявок на обслуживание — простейший поток с интенсивностью λ . Интенсивность потока обслуживания равна μ (т.е. в среднем непрерывно занятый канал будет выдавать μ обслуженных заявок). Длительность обслуживания — случайная величина, подчиненная показательному закону распределения. Поток обслуживаний является простейшим пуассоновским потоком событий. Заявка, поступившая в момент, когда канал занят, становится в очередь и ожидает обслуживания.

Предположим, что независимо от того, сколько требований поступает на вход обслуживающей системы, данная система (очередь + обслуживаемые клиенты) не может вместить более N -требований (заявок), т.е. клиенты, не попавшие в ожидание, вынуждены обслуживаться в другом месте. Наконец, источник, порождающий заявки на обслуживание, имеет неограниченную (бесконечно большую) емкость.

Граф состояний СМО в этом случае имеет вид, показанный на рис.

Рис. Гра



размножения)

Состояния

S_0 — канал свободен;

S_1 — канал занят (очереди нет);

S_2 — канал занят (одна заявка стоит в очереди);

S_n — канал занят ($n - 1$ заявок стоит в очереди);

S_N — канал занят ($N - 1$ заявок стоит в очереди).

Стационарный процесс в данной системе будет описываться следующей системой алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} -\rho P_0 + P_1 = 0, & n = 0; \\ \dots\dots\dots \\ -(1-\rho)P_n + P_{n+1} + \rho P_{n-1} = 0, & 0 < n < N; \\ \dots\dots\dots \\ -P_N + \rho \cdot P_{N-1} = 0, & n = N, \end{cases}$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$;

n — номер состояния.

Решение приведенной выше системы уравнений для нашей модели СМО имеет вид:

$$P_n = \begin{cases} \left(\frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \right) \cdot \rho^n, & \rho \neq 1, \quad n=0, 1, 2, \dots, N \\ \frac{1}{(N+1)}, & \rho = 1; \end{cases}$$

$$P_0 = \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}},$$

Тогда

$$P_n = \begin{cases} P_0 \cdot \rho^n & \rho \neq 1, \quad n=1, 2, \dots, N, \\ \frac{1}{(N+1)}, & \rho = 1. \end{cases}$$

Определим характеристики одноканальной СМО с ожиданием и ограниченной длиной очереди, равной $(N - 1)$:

1. вероятность отказа в обслуживании заявки:

$$P_{\text{отк}} = P_N = \begin{cases} \left(\frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \right) \rho^N, & \rho \neq 1, \\ \frac{1}{(N+1)}, & \rho = 1; \end{cases}$$

2. относительная пропускная способность системы:

$$q = 1 - P_{\text{отк}} = \begin{cases} 1 - \left(\frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \right) \rho^N, & \rho \neq 1, \\ 1 - \frac{1}{(N+1)}, & \rho = 1; \end{cases}$$

3. абсолютная пропускная способность:

$$A = q \cdot \lambda;$$

4. среднее число находящихся в системе заявок:

$$L_S = \sum_{n=0}^N n \cdot P_n = \begin{cases} \frac{\rho \cdot [1 - (N+1) \cdot \rho^N + N \cdot \rho^{N+1}]}{(1-\rho) \cdot (1-\rho^{N+1})}, & \rho \neq 1 \\ N/2, & \rho = 1; \end{cases}$$

5. среднее время пребывания заявки в системе:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda(1 - P_N)}$$

6. средняя продолжительность пребывания клиента (заявки) в очереди:

$$W_q = W_s - 1/\mu;$$

7. среднее число заявок (клиентов) в очереди (длина очереди):

$$L_q = \lambda(1 - P_N)W_q$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

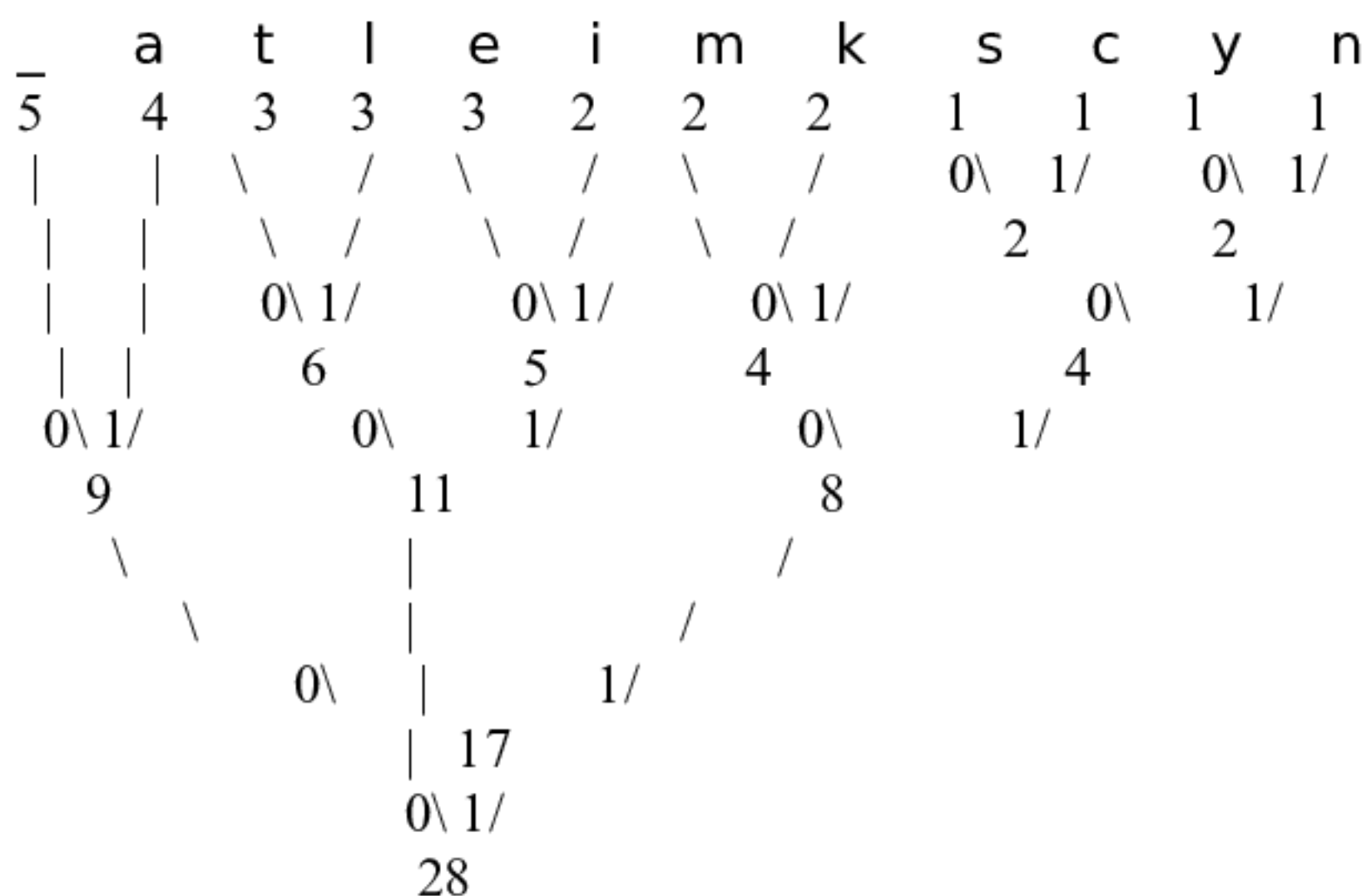
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Задание № 2. Осуществить кодирование методом Хаффмана заданной фразы:
Many a little makes a tickle

Решение:

Построим дерево Хаффмана:



Двоичный код символов:

$\bar{a}$ → 100
 $\bar{a}$ → 101
 $\bar{t}$ → 000
 $\bar{l}$ → 001
 $\bar{e}$ → 010
 $\bar{i}$ → 011
 $\bar{m}$ → 1100
 $\bar{k}$ → 1101
 $\bar{s}$ → 11100
 $\bar{c}$ → 11101
 $\bar{y}$ → 11110
 $\bar{n}$ → 11111

Задание 3.

Выбрать из задания 2 код слова (или фразы, не менее 6-ти символов). Закодировать его с помощью кода Хэмминга. Предположить, что в N -м символе кодового слова в процессе передачи по каналу связи, произошла ошибка.

Решение:

Перейдем к построению самокорректирующихся кодов для случая $p = 1$, которые называются *кодами Хэмминга*. Будем считать, что в канале связи при передаче сообщения может произойти не более одной ошибки. Это означает, что если исходное сообщение $a_1 a_2 \dots a_m$ кодируется набором $b_1 b_2 \dots b_l$

($l = m + k$), то на выходе возможны следующие варианты кодов:

$b_1 b_2 \dots b_l; b_1^* b_2 \dots b_l; b_1 b_2^* \dots b_l; \dots; b_1 b_2 \dots b_l^*.$

Таким образом, число вариантов равно $l + 1$. Поясним, что ошибка может не произойти, либо она произойдет в одном из l разрядов, и символ b_i заменится на противоположный b_i^* . Число дополнительных разрядов для построения кодов Хэмминга нужно выбрать так,

чтобы их хватило для кодирования перечисленных $l + 1$ случаев. Следовательно, необходимо чтобы выполнялось

$$2^k \geq l + 1 \quad \text{или} \quad 2^m \geq \frac{2^l}{l + 1}.$$

Поэтому, зная m, l выбираем как наименьшее целое число, удовлетворяющее условию:

$$2^m \geq \frac{2^l}{l + 1}$$

Число l называется длиной кода Хэмминга. Число m – число информационных символов.

Замечание: Учитывая, что $l = m + k$, можно выбирать не l , а число k , которое называется числом контрольных символов и является наименьшим целым числом, удовлетворяющим условию:

$$2^k \geq k + m + 1.$$

Например, если $m = 4$, то $l = 7, k = 3$. Таким образом, при построении кодов Хемминга, первое, что нужно сделать: это по числу m определить числа k и l .

Алгоритм построения кода Хэмминга. Пусть для сообщения $\alpha = a_1 a_2 \dots a_m$ длины m необходимо построить код Хэмминга. Возьмем $m = 9$; исходное сообщение

$$\alpha = 101110111 = a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7 a_8 a_9.$$

Тогда $l = 13, k = 4$; код Хэмминга:

$$\beta = b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8 b_9 b_{10} b_{11} b_{12} b_{13}.$$

1. Представим каждое число i из множества $L = \{1, 2, \dots, l\}$ в виде k -разрядного двоичного числа. Результаты запишем в виде таблицы 3.2:

Таблица 8.2. Двоичные коды чисел.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
V_0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
V_1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
V_2	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
V_3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

2. Разберем множество L на k подмножеств следующим образом:

$$L_0 = \{i \in L: V_0 = 1\}; L_0 = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13\},$$

$$L_1 = \{i \in L: V_1 = 1\}; L_1 = \{2, 3, 6, 7, 10, 11\},$$

$$L_2 = \{i \in L: V_2 = 1\}; L_2 = \{4, 5, 6, 7, 12, 13\},$$

$$L_3 = \{i \in L: V_3 = 1\}; L_3 = \{8, 9, 10, 11, 12, 13\}.$$

3. Первые элементы множества L_j – степени 2 – определяют номера контрольных разрядов кода. Остальные определяют номера информационных разрядов:

$b_1 b_2 b_4 b_8$ – контрольные, $b_3 b_5 b_6 b_7 b_9 b_{10} b_{11} b_{12} b_{13}$ – информационные.

4. Формирование значений информационных символов:

$$b_3 = a_1; b_5 = a_2; b_6 = a_3; b_7 = a_4; b_9 = a_5; b_{10} = a_6; b_{11} = a_7; b_{12} = a_8; b_{13} = a_9.$$

$$b_3 = 1; b_5 = 0; b_6 = 1; b_7 = 1; b_9 = 1; b_{10} = 0; b_{11} = 1; b_{12} = 1; b_{13} = 1.$$

5. Формирование значений контрольных символов:

$$b_1 = b_3 + b_5 + b_7 + b_9 + b_{11} + b_{13} = 1+0+1+1+1+1=1;$$

$$b_2 = b_3 + b_6 + b_7 + b_{10} + b_{11} = 1+1+1+0+1=0;$$

$$b_4 = b_5 + b_6 + b_7 + b_{12} + b_{13} = 0+1+1+1+1=0;$$

$$b_8 = b_9 + b_{10} + b_{11} + b_{12} + b_{13} = 1+0+1+1+1=0;$$

$$\alpha = 101110111; \beta = 1010011010111$$

Обнаружение ошибки в кодах Хемминга:

Пусть $\beta^* = 1010011010011$, т.е. в 11 разряде произошла ошибка.

$$V_0 = b^*_1 + b^*_3 + b^*_5 + b^*_7 + b^*_9 + b^*_{11} + b^*_{13} = 1+1+0+1+1+0+1=1;$$

$$V_1 = b^*_2 + b^*_3 + b^*_6 + b^*_7 + b^*_{10} + b^*_{11} = 0+1+1+1+0+0=1;$$

$$V_2 = b^*_4 + b^*_5 + b^*_6 + b^*_7 + b^*_{12} + b^*_{13} = 0+0+1+1+1+1=0;$$

$$V_3 = b_8 + b_9 + b_{10} + b_{11} + b_{12} + b_{13} = 0+1+0+0+1+1=1;$$

Получили: 1101 – двоичный код числа 11.

Задание № 1. Даны матрицы переходных характеристик. Определить вероятности состояний системы после заданного количества интервалов времени (N). Привести сигнальный граф системы и все вычисления. Начальные условия: $P_1(0)=1$, $P_2(0)=P_3(0)=\dots=0$.

N=3

<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
<u>0</u>	<u>0,4</u>	<u>0,6</u>
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>

Решение:

K=1:

$$(1 \ 0 \ 0) * \begin{vmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0,4 & 0,6 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = (0,5 \ 0,3 \ 0,2);$$

K=2:

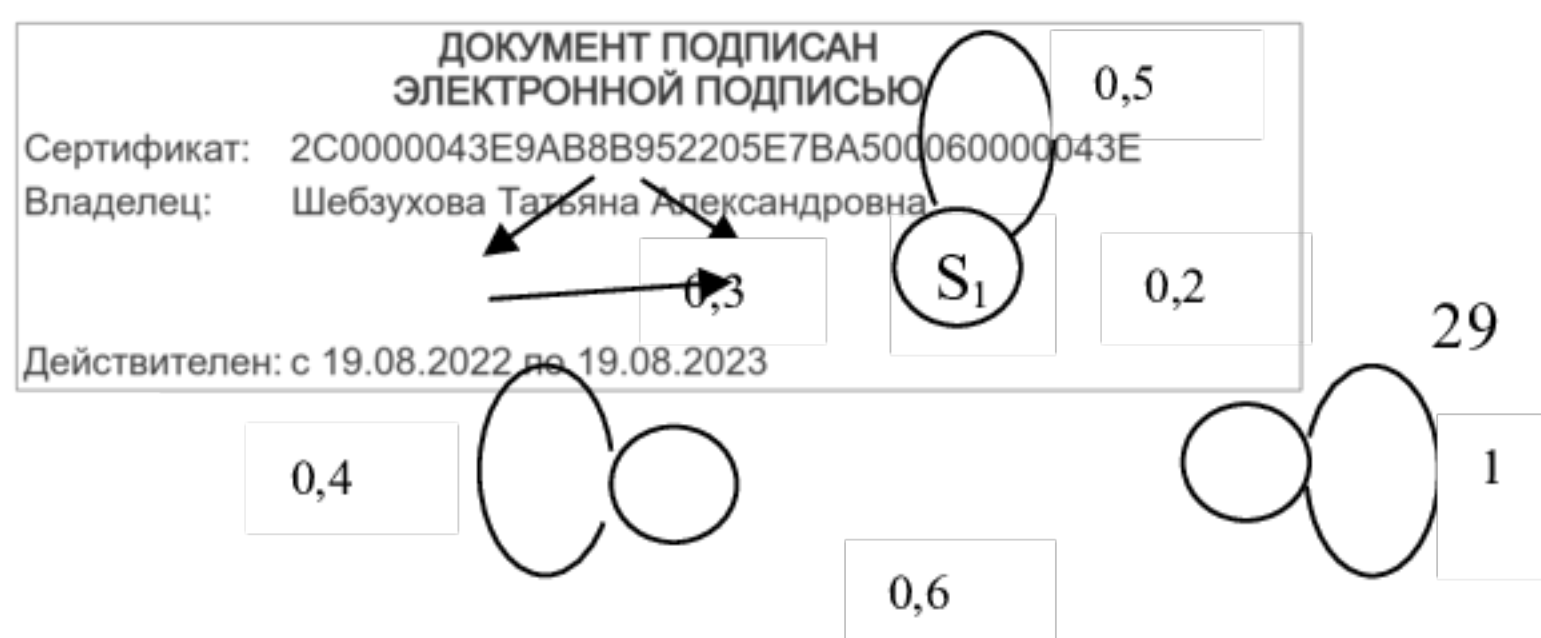
$$(0,5 \ 0,3 \ 0,2) * \begin{vmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0,4 & 0,6 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = (0,25 \ 0,27 \ 0,48);$$

K=3:

$$(0,25 \ 0,27 \ 0,48) * \begin{vmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0,4 & 0,6 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = (0,125 \ 0,075+0,108 \ 0,05+0,162+0,48) =$$

$$= (0,125 \ 0,183 \ 0,692)$$

Сигнальный граф:



S_2 S_3 **Задание 2.**

В бухгалтерии предприятия имеются 2 кассира, каждый из которых может обслужить в среднем 30 сотрудников в час. Поток сотрудников, получающих заработную плату, - простейший, с интенсивностью, равной 40 сотрудников в час. Очередь в кассе не ограничена. Дисциплина очереди не регламентирована. Время обслуживания подчинено экспоненциальному закону распределения.

Вычислите вероятностные характеристики СМО в стационарном режиме.

Решение:

$$t := \frac{1}{30} \quad \lambda := 40 \quad c := 2$$

$$m := \frac{1}{t} \quad m = 30 \quad p := \frac{\lambda}{m} \quad p = 1.333 \quad \frac{\lambda}{m} \cdot c = 2.667$$

$$P_0 := \left[\frac{p^c}{c! \left[1 - \left(\frac{p}{c} \right) \right]} + \sum_{n=0}^{c-1} \frac{p^n}{n!} \right]^{-1} \quad P_0 = 0.2 \quad P_1 := \frac{p^1 \cdot P_0}{1!} \quad P_1 = 0.267$$

$$P_2 := \frac{p^2 \cdot P_0}{2!}$$

Задание 3. Необходимо принять решение в условиях неопределенности по матрице затрат с использованием различных критериев (Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица).

	S1	S2	S3	S4
R1	6	12	20	24
R2	9	27	9	28
R3	23	18	15	19
R4	27	24	21	15

Решение:

1) Критерий Лапласа:

$$H(R1) = \frac{1}{4} * (6+12+20+24) = 15,5;$$

$$H(R2) = \frac{1}{4} * (9+27+9+28) = 18,25;$$

$$H(R3) = \frac{1}{4} * (23+18+15+19) = 18,75;$$

$$H(R4) = \frac{1}{4} * (27+24+21+15) = 21,75;$$

$$M = \min\{15,5; 18,25; 18,75; 21,75\} = 15,5$$

Оптимальная стратегия - R1

2) Критерий Вальда:

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Защита контрольной работы проводится в виде научного диспута с демонстрацией выполненных заданий, в соответствии с графиком защиты. После доклада студенту задаются вопросы как преподавателем, так и студентами группы.

В процессе защиты своей работы студент делает доклад продолжительностью 7-10 минут. Доклад должен быть предварительно подготовлен студентом. Студент должен свободно ориентироваться в своей работе.

В выступлении необходимо корректно использовать демонстрационные материалы, которые усиливают доказательность выводов и облегчают восприятие доклада студента.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1.1. Перечень основной литературы:

1. Блинков Ю.В. Основы теории информационных процессов и систем: Учебное пособие – Пенза: ПГУАС, 2011. – 184 с.
2. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015. – 169 с.

7.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Корилов А.М. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие/ А.М. Корилов, С.Н. Павлов. -2-е изд., доп. и перераб. – Томск: Изд-во: ТУСУР, 2009. – 264 с.

7.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине. Методическая литература:

3. Чернышев А.Б. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория информационных процессов и систем». Пятигорск: СКФУ, 2017.
4. Чернышев А.Б. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Теория информационных процессов и систем». Пятигорск: СКФУ, 2017.
5. Чернышев А.Б. Методические рекомендации для студентов по выполнению контрольных работ по дисциплине «Теория информационных процессов и систем». Пятигорск: СКФУ, 2017.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

3. <http://www.intuit.ru> – сайт дистанционного образования в области информационных технологий
4. <http://window.edu.ru> – образовательные ресурсы ведущих вузов

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Методические указания
по организации самостоятельной работы
по дисциплине
«ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»
для направления подготовки **09.03.02 Информационные системы и**
технологии
направленность (профиль) **Информационные системы и технологии**
обработки цифрового контента

Пятигорск
2023

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

СОДЕРЖАНИЕ

- | | | |
|----|---|---|
| 1. | ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 3 |
| 2. | ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ | 3 |
| 3. | КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ | 4 |
| 4. | УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 4 |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

3. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучению дисциплины «Теория информационных процессов и систем» является освоение студентами теоретических и практических основ создания информационных систем, а также способов описания информационных систем.

Задачи дисциплины: определить современное состояние развития информационных систем и их классификацию; познакомить с методологиями и технологиями разработки информационных систем; представить этапы создания и проектирования информационных систем.

4. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Тема 2. Закономерности систем. Классификация систем.

Содержание:

Классификация систем.

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: собеседование

Тема 3. Сигналы и системы передачи информации. Параметры сигнала.

Содержание:

Источник информации, передатчик, канал связи, источник помех, приемник, адресат.

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: собеседование

Тема 5. Энтропия непрерывных сообщений. Информационный канал, пропускная способность канала.

Содержание:

Понятие дифференциальной энтропии.

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: собеседование

Тема 13. Непрерывные цепи Маркова, уравнение Колмогорова. Система гибели и размножения.

Содержание:

Формулы для вычисления предельных вероятностей состояний системы гибели и размножения.

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: собеседование

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: С.М. Лебедева, ООО «М.С.С. Инфо»

Тема 17. Современные методы принятия решений. Принятие решений в условиях

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

неопределенности.

Содержание:

Понятие неопределенности внешней среды. Понятие ситуации риска.

Работа с литературой:

Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1-2	1	1-2	1-2

Оценочные средства: собеседование

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ Компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если глубокие, исчерпывающие знания и творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала; логически последовательные, содержательные, полные, правильные и конкретные ответы на все поставленные вопросы и дополнительные вопросы преподавателя; свободное владение основной и дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном устранении замечаний по отдельным вопросам; достаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если твердые знания и понимание основного программного материала; правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы при устранении неточностей и несущественных ошибок в освещении отдельных положений при наводящих вопросах преподавателя; недостаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если неправильные ответы на основные вопросы, допущены грубые ошибки в ответах, непонимание сущности излагаемых вопросов; неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Рекомендуемая литература

4.1.1. Основная литература:

1. Блинков Ю.В. Основы теории информационных процессов и систем: Учебное пособие – Пенза: ПГУАС, 2011. – 184 с.
2. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015. – 169 с.

4.1.2. Дополнительная литература:

1. Корилов А.М. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие/ А.М. Корилов, С.Н. Павлов. -2-е изд., доп. и перераб. – Томск: Изд-во: ТУСУР, 2009. – 264 с.

4.1.3. Методическая литература:

6. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория информационных процессов и систем».
7. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Теория информационных процессов и систем».

4.1.4. Интернет-ресурсы:

5. <http://www.intuit.ru> – сайт дистанционного образования в области информационных технологий

6. <http://window.edu.ru> – образовательные ресурсы ведущих вузов

4.1.5. Программное обеспечение

2. Операционная система Windows версия XP и выше, браузер Internet Explorer или любой другой, интегрированный пакет Microsoft. MathCad.

4.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционный курс проводится в аудиториях, оснащенных мультимедийным проектором. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, в которых установлена программа Microsoft Visual Studio 2010, 2012, а также другие системы для разработки программных приложений.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023