(Ф 03.02 – 96)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

Навчально-науковий аерокосмічний інститут,

(назва інституту (факультету)

Система менеджменту якості

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС
навчальної дисципліни

Теорія інформації

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 0502 «Автоматика та управління»

Напрям підготовки: 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Спеціалізація (ОП) :«Автоматика та автоматизація на транспорті»

СМЯ НАУ НП 07.01.05-01-2018

КИЇВ

Навчально-методичний комплекс розробила:
с н с, доцент кафедри автоматизації
та енергоменеджменту ______________________________ О. Тачиніна

Навчально-методичний комплекс обговорено та схвалено на засіданні кафедри Автоматизації та енергоменеджменту, протокол № _____
повна назва кафедри
від «___»_____________2018 р.

Завідувач кафедри _____________ Захарченко В.П.
підпис П.І.Б.

Навчально-методичний комплекс обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради навчально-наукового аерокосмічного інституту, протокол № ____ від «___» ____________ 2018 р.

Голова НМРР _____________ В. Кравцов
підпис П.І.Б.

Рівень документа – 3б
Плановий термін між ревізіями – 1 рік
Контрольний примірник

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Дисципліна Теорія інформації
(назва дисципліни)

ОС «Бакалавр»____

галузь знань ________ 0502 «Автоматика та управління»
(шифр та назва)

Напрям 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр та назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр та назва)

Спеціалізація (ОП) «Автоматика та автоматизація на транспорті»
(шифр та назва)

№	Складова комплексу	Позначення електронного файлу[1)]	Наявність	
			друкований вигляд[2)]	електронний вигляд[3)]
1	Навчальна програма	01 ТІ НП	+	+
2	Робоча навчальна програма (денна форма навчання)	02 ТІ РНП С	+	+
3	Робоча навчальна програма (заочна форма навчання)	03 ТІ РНП З	Не викладається	
4	Положення про рейтингову систему оцінювання (заочна форма навчання)	04 ТІ РСО З	Не викладається	
5	Календарно-тематичний план	05 ТІ _КТП	Виключено Прот. № __________ р.	
6	Конспект лекцій/курс лекцій	06 ТІ КЛ		+
7	Методичні рекомендації з виконання домашніх завдань (розрахунково-графічних робіт)	07_ТІ_МР_ДЗ (РГР)	Не передбачено планом	+
8	Методичні рекомендації з виконання контрольних робіт для студентів заочної форми навчання	08 ТІ_МР_КРз	Не передбачено планом	
9	Методичні рекомендації до виконання курсової роботи (проекту)	09 ТІ МР КП	Не передбачено планом	+
10	Методичні рекомендації з самостійної роботи студентів з опанування навчального матеріалу	10 ТІ МР СРС	Виключено Прот.№ __________ р.	
11	Методичні рекомендації з підготовки студентів до практичних (семінарських) занять	11 ТІ МР ПРЗ		+
12	Тести з дисципліни/практичні ситуаційні задачі	12 ТІ Т	Виключено Прот.№ __________ р.	
13	Модульні контрольні роботи[4)]	13-17 ТІ МКР_1- МКР_2		+
14	Пакет комплексної контрольної роботи	18 ТІ ККР		+
15	Затверджені екзаменаційні білети	19 ТІ ЕБ		+

(Ф 03.02 – 91)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ ІНСТИТУТ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Торія інформації»

за напрямом підготовки: 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»

Укладач: к.т.н., с.н.с. Тачиніна Олена Миколаївна

(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б. викладача)

Конспект лекцій розглянутий та схвалений на засіданні кафедри автоматизації та енергоменеджменту

(повна назва кафедри)

Протокол № ____ від «___»_____20__р.

Завідувач кафедри Захарченко В.П.

Лекція № 1. Основи теорії інформації.

План лекції

1. Вступ. Основні поняття теорії інформації.

2.Етапи перетворення інформації.

3.Інформаційні системи.

3.1. Системи передачі інформації, основні поняття і визначення.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Основні поняття теорії інформації.

Поняття «інформація» є центральним поняттям кібернетики. Воно використовується і в теорії інформації, хоча основним поняттям класичної теорії інформації слід визнати «кількість інформації», сенсу якого торкнемося трохи пізніше.

Є безліч визначень поняття інформації від найбільш загального філософського, (інформація є відображенням реального світу) до найбільш вузького практичного (інформація є всі відомості, що є об'єктом зберігання, передачі і перетворення).

Деякими зарубіжними авторами інформація трактується з ідеалістичних позицій у відриві від матерії як деяка субстанція, що займає проміжне положення між матерією і свідомістю.

З позицій марксистської філософії інформація розглядається як характеристика такого загального властивості матерії, як різноманітність. Таке трактування знаходиться в повній відповідності з відомим положенням В. І. Леніна про те, що вся матерія має властивість відображення. Вона чітко виявляє взаємовідносини понять «інформація» і «відображення».

Етапи перетворення інформації.

Хоча роль інформації може обмежуватися невизначеним емоційним впливом на людину, в чисто технічних (автоматичних) і людино-машинних (автоматизованих) системах вона найчастіше використовується для вироблення керуючих впливів. При зверненні інформації в системах можна виділити окремі етапи [26]. Так як матеріальним носієм інформації є сигнал, то реально це будуть етапи обігу і перетворення сигналів (рис. В.1).

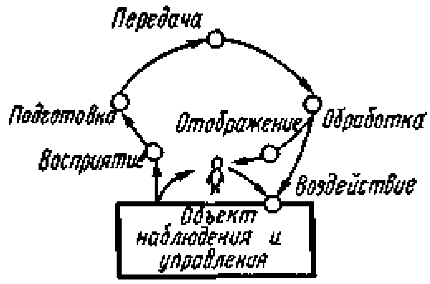

Рис. В.1

НФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Сукупність засобів інформаційної техніки і людей, об'єднаних для досягнення певних цілей або для управління, утворюють автоматизовану інформаційну систему, до якої при необхідності підключаються абоненти (люди або пристрою), які постачають і використовують інформацію.

Інформаційні системи, що діють без участі людини, називають автоматичними. За людиною в таких системах залишаються функції контролю і обслуговування.

Автоматизована інформаційна система стає автоматизованою системою управління (АСУ), якщо яку поставляють інформація витягується з будь-якого об'єкта (процесу), а вихідна використовується для цілеспрямованої зміни стану того ж об'єкта (процесу), причому абонентом, що використовують інформацію для вибору основних управляючих впливів (прийняття рішення), є людина. Об'єктом можуть бути технічна система, екологічне середовище, колектив людей. Існують АСУ, в яких окремі функції управління покладаються на технічні засоби, в основному на ЕОМ і мікропроцесори.

Системи передачі інформації, основні поняття і визначення.

Структурна схема одноканальної системи передачі інформації наведена на рис. В 2. Інформація надходить в систему в формі повідомлень. Під повідомленням розуміють сукупність знаків або первинних сигналів, що містять інформацію. Джерело повідомлень в загальному випадку утворює сукупність джерела інформації ІІ (досліджуваного або об'єкта, що спостерігається) і первинного перетворювача ПП (датчика, людини-оператора і т.п.), що сприймає інформацію про його станах або протікає в ньому процесі. Розрізняють дискретні і безперервні повідомлення.

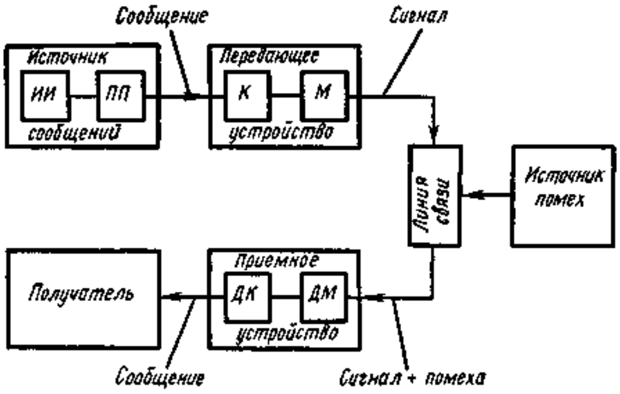

Рис. В.2

Лекция 2. Математичні моделі сигналів.
План лекції

1.Поняття сигналу і його моделі.
2.Форми представлення детермінованих сигналів.
3. Ортогональні представлення сигналів.
4.Часова форма представлення сигналів.
5. Частотна форма представлення сигналів.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Поняття сигналу і його моделі.

Как указывалось во введении, понятие «сигнал» имеет неоднозначное толкование. В широком смысле слова под сигналом понимают материальный носитель информации. При этом к сигналам относят как естественные сигналы, так и сигналы, специально создаваемые с определенной целью. Естественными являются, например, световые сигналы, позволяющие видеть окружающий мир, космические сигналы. Примером специально создаваемых могут служить сигналы, генерируемые с целью извлечения информации об изменениях в объекте или процессе (эталонные сигналы).

В дальнейшем понятие «сигнал», если это не оговорено специально, будет использоваться в узком смысле как сигнал, специально создаваемый для передачи сообщения в информационной системе. Материальную основу сигнала составляет какой-либо физический объект или процесс, называемый носителем (переносчиком) информации (сообщения). Носитель становится сигналом в процессе модуляции.

Параметры носителя, изменяемые во времени в соответствии с передаваемым сообщением, называют информативными.

ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

В зависимости от структуры информационных параметров сигналы подразделяют на дискретные, непрерывные и дискретно-непрерывные.

Сигнал считают дискретным по данному параметру, если число значений, которое может принимать этот параметр, конечно (или счетно). Если множество возможных значений параметра образует континуум, то сигнал считают непрерывным по данному параметру. Сигнал, дискретный по одному параметру и непрерывный по другому, называют дискретно-непрерывным.

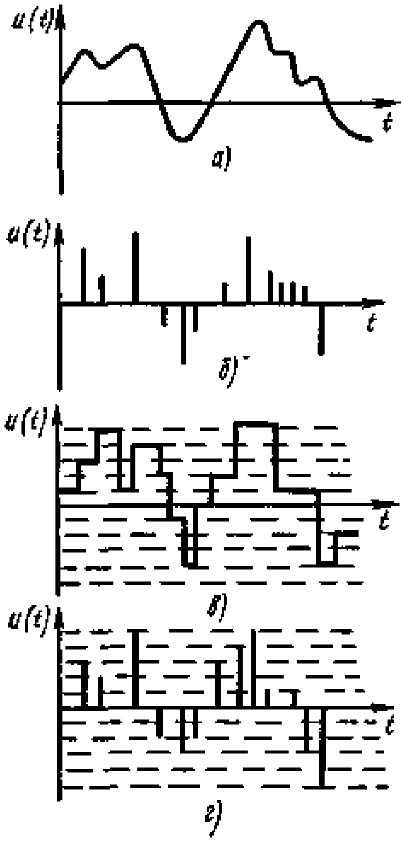

Рис. 1.1

В соответствии с этим существуют следующие разновидности математических представлений (моделей) детерминированного сигнала:

1. непрерывная функция непрерывного аргумента, например непрерывная функция времени (рис. 1.1, а);
2. непрерывная функция дискретного аргумента, например функция, значения которой отсчитывают только в определенные моменты времени (рис. 1.1,б);
3. дискретная функция непрерывного аргумента, например функция времени, квантованная по уровню (рис. 1.1, в);
4. дискретная функция дискретного аргумента, например функция, принимающая одно из конечного множества возможных значений (уровней) в определенные моменты времени (рис. 1.1, г).

ВРЕМЕННАЯ ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИГНАЛА

Временным представлением сигнала называют такое разложение сигнала u(t), при котором в качестве базисных функций используются единичные импульсные функции — дельта-функции. Математическое описание такой функции задается соотношениями

$$\delta(t)=\begin{cases}\infty & \text{при} = 0,\\ 0 & \text{при} \neq 0,\end{cases} \qquad (1.9)$$

$$\int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(t)dt = 1 ,$$

где δ(t) — дельта-функция, отличная от нуля в начале координат (при t = 0).

Для более общего случая, когда дельта-функция отличается от нуля в момент времени t=ξ_1 (рис. 1.3), имеем

$$\delta(t-\xi_1)=\begin{cases}\infty & \text{при } t=\xi_1 ,\\ 0 & \text{при } t\neq\xi_1 ,\end{cases}$$

$$\int\limits_{-\infty}^{\infty}\delta(t-\xi_1)dt = 1 . \qquad (1.10)$$

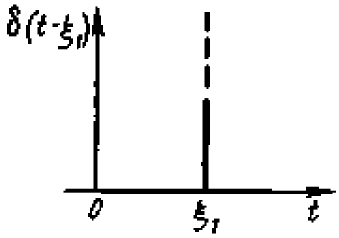

Рис. 1.3

Такая математическая модель соответствует абстрактному импульсу бесконечно малой длительности и безграничной величины. Единственным параметром, правильно отражающим реальный сигнал, является время его действия. Однако, учитывая (1.10), с помощью дельта-функции можно выразить значение реального сигнала u(t) в конкретный момент времени ξ_1:

ЧАСТОТНАЯ ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИГНАЛА

Рассмотрим, какие функции целесообразно выбирать в качестве базисных при анализе инвариантных во времени линейных систем. При исследовании таких систем решения всегда содержат комплексные экспоненциальные функции времени. Детерминированные сигналы, описываемые экспоненциальными функциями времени, при прохождении через инвариантные во времени линейные системы не изменяются по своему характеру, что является следствием инвариантности класса экспоненциальных функций относительно операций дифференцирования и интегрирования.

Широко используются представления детерминированных сигналов с применением базисных функций e^{pt} как при ρ = $\pm j\omega$ (преобразование Фурье), так и при p = s+jω (обобщенное преобразование Фурье, известное как преобразование Лапласа).

До сих пор мы не касались физической интерпретации базисных функций. Для чисто математических преобразований она не обязательна. Однако такая интерпретация имеет безусловные преимущества, так как позволяет глубже вникнуть в физический смысл явлений, протекающих в системах при прохождении сигналов.

Лекція 3. Спектри періодичних сигналів.

План лекції

1.Спектри періодичних сигналів.
2. Граничні умови Діріхле.
3. Перетворення періодичних сигналів та їх спектральні характеристики.
4. Перетворення Фур'є.
5. Розподіл енергії в спектрі періодичних сигналів.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Спектри періодичних сигналів.

Спектры периодических сигналов. Периодических сигналов, естественно, не существует, так как любой реальный сигнал имеет начало и конец. Однако при анализе сигналов в установившемся режиме можно исходить из предположения, что они существуют бесконечно долго и принять в качестве математической модели таких сигналов периодическую функцию времени. Далее рассматривается представление таких функций, как в виде суммы экспоненциальных составляющих, так и с преобразованием их в гармонические.

Пусть функция u(t), заданная в интервале времени $t_1 \le t \le t_2$ и удовлетворяющая условиям Дирихле, повторяется с периодом T = $2\pi/\omega_1$= t_2-t_1 на протяжении времени от $-\infty$ до $+\infty$.

Пример 1.2. Вычислить несколько первых членов ряда Фурье для периодической последовательности прямоугольных импульсов и проследить, как их гумма сходится к указанному сигналу.

Воспользуемся результатами предыдущего примера для случая широко используемой на практике периодической последовательности импульсов, у которых длительность τ равна половине периода T. Примем также $t_1 = 0$.

По формуле (1.32) определим постоянную составляющую, а по формулам (1.30) и (1.33) — амплитуды и фазы пяти первых гармоник. Данные расчетов сведены в табл. 1.1. Четные гармоники в табл. 1.1 не указаны, так как они равны нулю.

Таблица 1.1

$\omega_n = k\omega_1$	φ_k	$A(k\omega_1)$	Составляющие
0	0	u_0	$u(t) = u_0/2$
ω_1	0	$\frac{2}{\pi} u_0$	$u_1(t) = \frac{2}{\pi} u_0 \cos\omega_1 t$
ω_3	π	$\frac{2}{3\pi} u_0$	$u_3(t) = \frac{2}{3\pi} u_0 \cos(3\omega_1 t - \pi)$
ω_5	0	$\frac{2}{5\pi} u_0$	$u_5(t) = \frac{2}{5\pi} u_0 \cos 5\omega_1 t$

Суммируя указанные составляющие, получим последовательность импульсов (рис. 1.8), отличающихся от прямоугольных в основном недостаточно высокой крутизной фронтов.

Отметим, что крутизна фронтов импульсов обусловлена наличием в их спектре составляющих с частотами, многократно превышающими основную частоту.

Лекція 4. Спектри неперіодичних сигналів.

План лекції

1. Спектри неперіодичних сигналів.
2. Перетворення неперіодичних сигналів та їх спектральні характеристики.
3. Пряме і зворотне інтегральне перетворення Фур'є.
4. Розподіл енергії в спектрі неперіодичних сигналів.
5. Рівність Парсеваля. Співвідношення між тривалістю імпульсів і шириною їх спектрів.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Спектри неперіодичних сигналів.

Спектры непериодических сигналов. Любой физически реализуемый сигнал ограничен во времени и обладает конечной энергией. Функции, отображающие реальные сигналы, удовлетворяют условиям Дирихле и абсолютно интегрируемы, т. е.

$$\int_{-\infty}^{\infty} |u(t)|dt \leqslant M, \qquad (1.40)$$

где М — конечная величина.

Модели таких сигналов также могут быть представлены совокупностью гармонических составляющих в соответствии с выражением (1.2). Конкретный вид спектрального преобразования для непериодического сигнала получим, проследив изменения, происходящие в спектре периодической последовательности импульсов $u_1(t)$ при увеличении периода их повторения.

В соответствии с формулой (1.30), которая справедлива для любого значения периода Т, абсолютные значения амплитуд спектральных составляющих в (1.27) при увеличении периода уменьшаются. Так как частоты составляющих спектра кратны основной частоте, то при ее уменьшении линии на спектральной диаграмме сближаются.

Співвідношення між тривалістю імпульсів і шириною їх спектрів.

Анализируя спектр одиночного прямоугольного импульса (см. рис. 1.10), можно установить, что при увеличении его длительности τ от 0 до ∞ спектр сокращается от безграничного (у дельта-функции) до одной спектральной линии в начале координат, соответствующей постоянному значению сигнала. Это свойство сокращения ширины спектра сигнала при увеличении его длительности и наоборот справедливо для сигналов любой формы. Оно вытекает непосредственно из особенностей прямого и обратного интегрального преобразования Фурье, у которых показатель степени экспоненциальной функции в подынтегральных выражениях имеет переменные t и ω в виде произведения.

Рассмотрим функцию u(t) определенной продолжительности и функцию $u(\lambda t)$, длительность которой при λ>1 будет в λ раз меньше. Считая, что u(t) имеет спектральную характеристику S(jω), найдем соответствующую характеристику $S_\lambda(j\omega)$ для $u(\lambda t)$:

$$S_\lambda(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(\lambda t)e^{-j\omega t}dt =$$

$$= \frac{1}{\lambda}\int_{-\infty}^{\infty} u(t')e^{-j\frac{\omega t'}{\lambda}}dt' = \frac{1}{\lambda}S\left(j\frac{\omega}{\lambda}\right), \qquad (1.57)$$

где $t'=\lambda t$.

Следовательно, спектр укороченного в λ раз сигнала ровно в λ раз шире. Коэффициент $1/\lambda$ перед $S(j\omega/\lambda)$ изменяет только амплитуду гармонических составляющих и на ширину спектра не влияет.

Другой важный вывод, также являющийся прямым следствием Фурье-преобразования, заключается в том, что длительность сигнала и ширина его спектра не могут быть одновременно ограничены конечными интервалами: если длительность сигнала ограничена, то спектр его неограничен, и, наоборот, сигнал с ограниченным спектром длится бесконечно долго. Справедливо соотношение

$$\Delta t \Delta f = C, \qquad (1.58)$$

где Δt — длительность импульса; Δf — ширина спектра импульса; C — постоянная величина, зависящая от формы импульса (при ориентировочных оценках обычно принимают C=1).

Реальные сигналы ограничены во времени, генерируются и передаются устройствами, содержащими инерционные элементы (например, емкости и индуктивности в электрических цепях), и поэтому не могут содержать гармонические составляющие сколь угодно высоких частот.

Лекція 5. Випадковий процес як модель сигналу.
План лекції

1. Імовірнісні характеристики випадкового процесу.
2. Математичне очікування випадкового процесу.
3. Дисперсія.
4. Функція автокореляції.
5. Стаціонарні і ергодичні випадкові процеси.

6. Спектральна щільність стаціонарного випадкового процесу.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Випадковий процес як модель сигналу.

Рассмотренные математические модели детерминированных сигналов являлись известными функциями времени. Их использование позволяет успешно решать задачи, связанные с определением реакций конкретных систем на заданные входные сигналы. Случайные составляющие, всегда имеющие место в реальном входном сигнале, считают при этом пренебрежимо малыми и не принимают во внимание.

Однако единственная точно определенная во времени функция не может служить математической моделью сигнала при передаче и преобразовании информации. Поскольку получение информации связано с устранением априорной неопределенности исходных состояний, однозначная функция времени только тогда будет нести информацию, когда она с определенной вероятностью выбрана из множества возможных функций. Поэтому в качестве моделей сигнала используется случайный процесс. Каждая выбранная детерминированная функция рассматривается как реализация этого случайного процесса.

Вероятностные характеристики случайного процесса. В соответствии с определением случайный процесс $U(t)$ может быть описан системой N обычно зависимых случайных величин $U_1 = U(t_1)$, ..., $U_i = U(t_i)$, ..., $U_N = U(t_N)$, взятых в различные моменты времени $t_1 \ldots t_i \ldots t_N$. При неограниченном увеличении числа N такая система эквивалентна рассматриваемому случайному процессу $U(t)$.

Исчерпывающей характеристикой указанной системы является N-мерная плотность вероятности $p_N(U_1, \ldots, U_i, \ldots, U_N; t_1, \ldots, t_N)$. Она позволяет вычислить вероятность P_N реализации, значения которой в моменты времени $t_1, t_2, \ldots, t_N$ будут находиться соответственно в интервалах (u_1, $u_1+\Delta u_1$), ..., (u_i, $u_i+\Delta u_i$), ..., (u_N, $u_N+\Delta u_N$), где $u_i(1 \le i \le N)$ —значение, принимаемое случайной величиной U_i, (рис. 1.12).

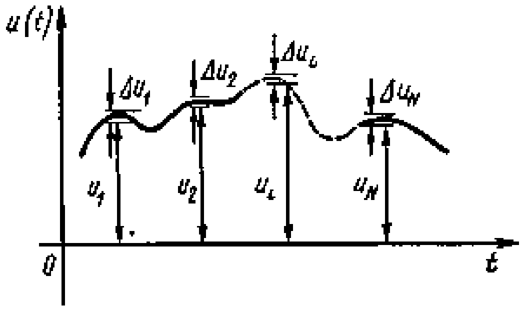

Рис. 1.12

Если Δu_i, выбраны достаточно малыми, то справедливо соотношение

$$P_N \approx p_N(u_1, ..., u_i, ..., u_N; t_1, ..., t_i, ..., t_N)\Delta u_1, ..., \Delta u_i, ..., \Delta u_N .$$

Лекція 6. Перетворення неперервних сигналів у дискретні.

План лекції

1. Переваги цифрової форми представлення сигналів.
2. Загальна постановка завдання дискретизації.
3. Способи відновлення безперервного сигналу.
4. Критерії якості відновлення. Рівномірна дискретизація.
5. Теорема Котельникова. Теоретичні і практичні аспекти використання теореми Котельникова.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Переваги цифрової форми представлення сигналів.

В любую систему информация поступает в виде сигналов. Различные параметры физических процессов с помощью датчиков обычно преобразуются в электрические сигналы. Как правило, ими являются непрерывно изменяющиеся ток или напряжение, но возможно поступление и импульсных сигналов, как, например. в радиолокации. Печатный текст отображается буквами, цифрами и другими знаками.

Хотя поступающую информацию можно хранить, передавать и обрабатывать как в виде непрерывных, так и в виде дискретных сигналов, на современном этапе развития информационной техники предпочтение отдается дискретным сигналам, поэтому сигналы, как правило, преобразуются в дискретные. С этой целью каждый непрерывный сигнал подвергается операциям квантования по времени (дискретизации) и по уровню.

Под дискретизацией подразумевают, преобразование функции непрерывного времени в функцию дискретного времени, представляемую совокупностью величин, называемых координатами, по значениям которых исходная непрерывная функция может быть восстановлена с заданной точностью. Роль координат часто выполняют мгновенные значения функции, отсчитанные в определенные моменты времени.

Под квантованием подразумевают преобразование некоторой величины с непрерывной шкалой значений в величину, имеющую дискретную шкалу значений. Оно сводится к замене любого мгновенного значения одним из конечного множества разрешенных значений, называемых уровнями квантования.

Изменение вида сигнала u(t) (рис. 2.1, а) в результате проведения операции дискретизации показано на рис. 2.1,6, а в результате совместного проведения операций дискретизации и квантования — на рис. 2.1, в.

При передаче и обработке информации в цифровой технике существует принципиальная возможность снижения вероятности получения ошибочного результата до весьма малых значений. Она возникает потому, что при использовании дискретных сигналов, во-первых, применимы такие методы кодирования, которые обеспечивают обнаружение и исправление ошибок (они изложены в гл. 6), а во-вторых, можно избежать свойственного аналоговым сигналам эффекта накопления искажений в процессе их передачи и обработки, поскольку квантованный сигнал легко восстановить до первоначального уровня всякий раз, когда величина накопленных искажений приблизится к половине кванта. Практическая реализация указанных методов наиболее эффективна при минимальном числе уровней, равном двум.

Выражение информации в цифровой форме облегчает унификацию операций ее преобразования на всех этапах обращения. Массовость изготовления типовых узлов и блоков, простота их настройки, отсутствие необходимости регулировки в процессе эксплуатации позволяют, в свою очередь, улучшить такие важнейшие технико-экономические показатели средств цифровой техники, как стоимость изготовления и эксплуатации, а также надежность.

Низкая стоимость и высокая надежность больших интегральных схем, естественно, являются мощными стимулами дальнейшего расширения областей использования цифровых сигналов.

В данной главе мы ограничимся рассмотрением методов преобразования непрерывных сигналов в дискретные. Вопросы выражения дискретных сигналов в цифровой форме изложены в гл. 5.

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДИСКРЕТИЗАЦИИ

В самом общем случае представление непрерывного сигнала u(t) на интервале T совокупностью координат (c_1, c_2, ..., c_N) может быть записано в виде

$$(c_1, c_2, \ldots, c_N) = A\,[u(t)], \qquad (2\,1)$$

где A — оператор дискретного представления сигнала, реализуемый устройством, называемым дискретизатором.

Аналогично можно записать и операцию восстановления по совокупности координат (c_1, c_2, ..., c_N) непрерывной функции u*(t) (воспроизводящей функции), отображающей исходный сигнал с некоторой текущей погрешностью приближения $\delta(t) = u(t) - u^*(t)$:

$$u^*(t) = B[(c_1, c_2, \ldots, c_N)], \qquad (2\,2)$$

где B — оператор восстановления, реализуемый устройством восстановления сигнала.

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО СИГНАЛА

Воспроизведение сигнала по выборкам можно производить как на основе ортогональных, так и неортогональных базисных функций, которые определяют тип аппроксимирующего полинома и принцип приближения: интерполяционный, экстраполяционный, комбинированный.

При неортогональных представлениях сигнала наиболее часто используются степенные алгебраические полиномы вида

$$u^*(t) = \sum_{j=0}^{N} a_j t^j , \qquad (2.5)$$

или

$$u^*(t) = \sum_{j=0}^{N} a_j (t - t_0)^j , \qquad (2.6)$$

где α_j — действительные коэффициенты.

Если координаты сигнала представлены в виде разности выборок, то при его восстановлении, как правило, сначала проводят вычисление последовательности выборок и уже по ним строят аппроксимирующий полином $u^*(t)$.

Выбор системы базисных функций в составе аппроксимирующего полинома u*(t) во многом определяется требованием обеспечения простоты технической реализации аппаратных (программных) средств дискретизации и восстановления сигнала.

Если базисные функции выбраны так, что значения аппроксимирующего полинома совпадают со значениями выборок в моменты их отсчета, то такой полином называют интерполирующим.

Лекция 9. КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

При известной конечной совокупности координат сигнала и выбранном способе воспроизведения должна обеспечиваться заданная точность восстановления сигнала. Требования к точности восстановления диктуются потребителем информации. В зависимости от целевого назначения получаемой информации используются различные критерии точности приближения u*(t) к u(t).

В соответствии с критерием равномерного воспроизведения, называемым также критерием наибольшего отклонения, устанавливается абсолютное значение допустимой погрешности:

$$\delta_д \geqslant \delta_m = \max_{t \in \Delta_i} |\delta_u(t)|, \qquad (2.7)$$

где δ_m — максимальная погрешность приближения; Δ_i — участок аппроксимации; $\delta_u(t) = u(t) — u^*(t)$ — текущая погрешность приближения.

Если сигнал задан множеством возможных реализаций, то наибольшая допустимая погрешность Δ_m устанавливается для всей совокупности реализаций u(t) и u*(t):

$$\Delta_m = \sup\{|\delta_m|\}. \quad (2.8)$$

Лекція 7. Методи дискретизації.

План лекції

1. Дискретизація за критерієм найбільшого відхилення.
2. Дискретизація з використанням інтерполюючих многочленів Лагранжа.
3. Дискретизація з використанням екстраполюючих многочленів Тейлора.
4. Адаптивна дискретизація.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Методи дискретизації.

При построении метода дискретизации необходимо сформулировать критерий выбора отсчетов, установить процедуру восстановления по ним исходного сигнала и иметь возможность определить возникающую при этом погрешность. Решение указанных задач возможно лишь на базе выбора определенной математической модели дискретизируемого сигнала.

В вопросе определения величины шага при равномерной дискретизации известно несколько подходов, отличающихся, прежде всего тем, каким параметром характеризуются динамические свойства сигнала.

В теоретических исследованиях наибольшее распространение получила модель сигнала в виде квазистационарного случайного процесса, каждая реализация которого представляет собой функцию с ограниченным спектром. Величина шага дискретизации в этом случае ставится в зависимость от наивысшей частоты спектра. Такой критерий выбора отсчетов принято называть частотным.

При определении шага дискретизации можно ориентироваться непосредственно на степень некоррелированности отсчетов. Существует подход, где за модель
сигнала принят случайный процесс конечной длительности T, спектр которого отличен от

нуля на всей оси частот

РАВНОМЕРНАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ. ТЕОРЕМА КОТЕЛЬНИКОВА

Дискретизация по частотному критерию. Правило выбора предельного шага при равномерной дискретизации с использованием модели сигнала с ограниченным спектром в наиболее четкой форме сформулировано и доказано акад. В. А. Котельниковым в виде теоремы, получившей в отечественной литературе его имя* [11].

Сначала, не касаясь вопроса адекватности выбранной модели реальному сигналу, рассмотрим существо и доказательство теоремы

Теорема Котельникова. Теорема устанавливает принципиальную возможность полного восстановления детерминированной функции с ограниченным спектром по ее отсчетам и указывает предельное значение интервала времени между отсчетами, при которой такое восстановление еще возможно. Она формулируется следующим образом: функция u(t), допускающая преобразование Фурье и имеющая непрерывный спектр, ограниченный полосой частот от 0 до $F_c = \omega_c/(2\pi)$, полностью определяется дискретным рядом своих мгновенных значений, отсчитанных через интервалы времени

$$\Delta t = 1/(2F_c). \qquad (2.12)$$

Теорема Котельникова распространяется на непрерывный в среднеквадратическом смысле стационарный случайный процесс с ограниченным энергетическим спектром ($S_п(\omega) = 0$ при $|\omega| > \omega_П = 2\pi F_П$).

Лекція 8. Квантування сигналів.

План лекції

1. Процедура квантування сигналів.
2. Помилка квантування. Середньоквадратичне відхилення помилки квантування.
3. Шум квантування. Квантування сигналів за наявності завад.
4. Геометрична форма представлення сигналів.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Квантування сигналів

Поскольку математической моделью непрерывного сигнала является случайный процесс U(t), мгновенное значение сигнала $U = U(t_i)$ представляет собой случайную величину. Диапазон ее изменения, называемый непрерывной шкалой мгновенных значений сигнала, ограничен значениями u_{min} и u_{max}, что отражает условие физической реализуемости сигнала. Непрерывную шкалу мгновенных значений $u_n= u_{max} – u_{min}$ сигнала разбивают на n интервалов, называемых шагами квантования. Границами шагов квантования являются значения $u_0 = u_{min}$, u_1 , ..., u_{n-1} , $u_n=u_{max}$. Из множества мгновенных значений, принадлежащих i-му шагу квантования ($u_{i-1} \le u<u_i$), только одно значение u'_i является разрешенным (i-й уровень квантования). Любое другое из указанного множества значений округляется до u'_i . Совокупность величин u'_i(i=1, 2, ..., n) образует дискретную шкалу уровней квантования. Если эта шкала равномерна, т. е. разность значений $\Delta u'_i = u'_i - u'_{i-1}$ постоянна на всем протяжении непрерывной шкалы мгновенных значений сигнала u, квантование называют равномерным. Если постоянство значений $\Delta u'_i$ не выдерживается — квантование неравномерное. Благодаря простоте технической реализации равномерное квантование получило наиболее широкое распространение.

Шум квантования. При квантовании сигнала по уровню случайный процесс заменяется ступенчатой зависимостью U'(t). Изменяющуюся во времени ошибку квантования δ(t), также представляющую собой случайный процесс, называют шумом квантования:

$$\delta(t) = U(t) - U'(t) . \qquad (2.45)$$

Сохраняя ранее введенные предположения (о малости шага квантования и равномерности распределения в нем мгновенных значений сигнала) и считая случайные процессы U(t) и δ(t) эргодическими, среднеквадратическую ошибку равномерного квантования σ можно определить по реализации $\delta_1(t)$ (рис. 2.14). В пределах каждого шага квантования Δ зависимость $\delta_1(t)$ заменяется прямой $t \cdot tg\beta_1$, где β — переменный угол наклона прямой.

Лекція 9. Ентропія як міра невизначеності вибору.

План лекції

1. Міра невизначеності вибору стану джерела інформації.
2. Міра Хартлі. Міра Шеннона.
3. Взаємозв'язок міри Шеннона і міри Хартлі. Властивості ентропії.
4. Умовна ентропія та її властивості.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Ентропія як міра невизначеності вибору.

Ранее отмечалось, что факт получения информации всегда связан с уменьшением разнообразия или неопределенности. В данной главе ставятся задачи установления количественных мер неопределенности и информации и выяснения их основных свойств.

Начнем рассмотрение с источника информации, который может в каждый момент времени случайным образом принять одно из конечного множества возможных состояний. Такой источник называют дискретным источником информации. При этом принято говорить, что различные состояния реализуются вследствие выбора их источником. Каждому состоянию источника и ставится в соответствие условное обозначение в виде знака (в частности, буквы) из алфавита данного источника: u_1, u_2, ..., u_N.

Пример 3.1. Определить минимальное число взвешиваний, которое необходимо произвести на равноплечих весах, чтобы среди 27 внешне неотличимых монет найти одну фальшивую, более легкую.

Общая неопределенность ансамбля U в соответствии с (3.3) составляет

$$H(U) = \log_2 27 \text{ дв ед}$$

Одно взвешивание способно прояснить неопределенность ансамбля U', насчитывающего три возможных исхода (левая чаша весов легче, правая чаша весов легче, весы находятся в равновесии) Эта неопределенность

$$H(U') = \log_2 3 \text{ дв ед}$$

Так как

$$H(U) = 3\log_2 3 = 3H(U'),$$

для определения фальшивой монеты достаточно произвести три взвешивания.

Алгоритм определения фальшивой монеты следующий. При первом взвешивании на каждую чашку весов кладется по девять монет Фальшивая монета будет либо среди тех девяти монет, которые оказались легче, либо среди тех, которые не взвешивались, если имело место равновесие Аналогично, после второго взвешивания число монет, среди которых находится фальшивая, сократится до трех Последнее, третье, взвешивание дает возможность точно указать фальшивую монету

Предложенная мера, как мы убедились, позволяет решать определенные практические задачи. Однако она не получила широкого применения, поскольку была рассчитана на слишком грубую модель источника информации, приписывающую всем его возможным состояниям одинаковую вероятность.

Пример 3.2. Сравнить неопределенность, приходящуюся на букву источника информации u (алфавита русского языка), характеризуемого ансамблем, представленным в табл. 3.1, с неопределенностью, которая была бы у того же источника при равновероятном использовании букв.

Таблица 3.1

Буква	Вероятность	Буква	Вероятность	Буква	Вероятность	Буква	Вероятность
а	0,064	й	0,010	т	0,056	ъ, ь	0,015
б	0,015	к	0,029	у	0,021	ы	0,016
в	0,039	л	0,036	ф	0,02	э	0,003
г	0,014	м	0,026	х	0,09	ю	0,007
д	0,026	н	0,056	ц	0,04	я	0,019
е, ё	0,074	о	0,096	ч	0,013	—	0,143
ж	0,008	п	0,024	ш	0,006		
з	0,015	р	0,041	щ	0,003		
и	0,064	с	0,047				

При одинаковых вероятностях появления всех 32 букв алфавита неопределенность, приходящаяся на одну букву, составляет

$$H(U) = \log_2 32 = 5 \text{ дв. ед.}$$

Энтропию источника, характеризуемого заданным ансамблем (табл. 3.1), находим, используя формулу (3.6):

$$H(U) = -0{,}064 \log_2 0{,}064 - 0{,}015 \log_2 0{,}015 - \ldots - 0{,}143 \log_2 0{,}143 \approx$$
$$\approx 4{,}42 \text{ дв. ед.}$$

Таким образом, неравномерность распределения вероятностей использования букв снижает энтропию источника с 5 до 4.42 дв. ед.

СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ

Рассмотрим основные свойства энтропии, обратив внимание на то, что сформулированные условия для меры неопределенности выполняются.

1. Энтропия является вещественной и неотрицательной величиной, так как для любого $i(1 \le i \le N)$ p_i изменяется в интервале от 0 до 1, $\log p_i$ отрицателен и, следовательно, — $p_i \log p_i$ положительна.

2. Энтропия — величина ограниченная. Для слагаемых $-p_i \log p_i$ в диапазоне $0<p_i \le 1$ ограниченность очевидна. Остается определить предел, к которому стремится слагаемое — $p_i \log p_i$, при $p_i \to 0$, поскольку — $\log p_i$ при этом неограниченно возрастает:

$$\lim_{p_i \to 0} (-p_i \log p_i) = \lim_{p_i \to 0} \frac{\log (1/p_i)}{1/p_i}.$$

Обозначив $\alpha = 1/p_i$ и воспользовавшись правилом Лопиталя, получим

$$\lim_{p_i \to 0}(-p_i \log p_i) = \lim_{\alpha \to \infty}\frac{\log \alpha}{\alpha} = \lim_{\alpha \to \infty}\frac{(1/\alpha)\log e}{1} = 0.$$

3. Энтропия обращается в нуль лишь в том случае, если вероятность одного из состояний равна единице; тогда вероятности всех остальных состояний, естественно, равны нулю. Это положение соответствует случаю, когда состояние источника полностью определено.

4. Энтропия максимальна, когда все состояния источника равновероятны, что легко доказывается методом неопределенных множителей Лагранжа [23]:

$$H_{\max}(U) = -\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{N}\log_2\frac{1}{N} = \log_2 N. \qquad (3.9)$$

5. Энтропия источника и с двумя состояниями u_1 и u_2 изменяется от нуля до единицы, достигая максимума при равенстве их вероятностей:

Пример 3.3. Заданы ансамбли U и V двух дискретных случайных величин U' и V′:

$$U = \begin{vmatrix} 0{,}5 & 0{,}7 & 0{,}9 & 0{,}3 \\ 0{,}25 & 0{,}25 & 0{,}25 & 0{,}25 \end{vmatrix},$$

$$V = \begin{vmatrix} 5 & 10 & 15 & 8 \\ 0{,}25 & 0{,}25 & 0{,}25 & 0{,}25 \end{vmatrix},$$

Сравнить их энтропии.

Так как энтропия не зависит от конкретных значений случайной величины, а вероятности их появления у обеих величин одинаковы, то

$$H(U) = H(V) = \log 4 = 2 \text{ дв. ед.}$$

УСЛОВНАЯ ЭНТРОПИЯ И ЕЕ СВОЙСТВА

При оценке неопределенности выбора часто необходимо учитывать статистические связи, которые в большинстве случаев имеют место как между состояниями двух или нескольких источников, объединенных в рамках одной системы, так и между состояниями, последовательно выбираемыми одним источником.

Определим энтропию объединения двух статистически связанных ансамблей U и V. Объединение ансамблей характеризуется матрицей p(UV) вероятностей $p(u_i \upsilon_i)$ всех возможных комбинаций состояний $u_i (1 \le i \le N)$ ансамбля U и состояний $\upsilon_j (1 \le j \le k)$ ансамбля V:

$$p(U,\ V) = \begin{Vmatrix} p(u_1v_1)...p(u_iv_1)...p(u_Nv_1) \\ . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ p(u_1v_j)...p(u_iv_j)...p(u_Nv_j) \\ . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ p(u_1v_k)...p(u_iv_k)...p(u_Nv_k) \end{Vmatrix}. \qquad (3.14)$$

Суммируя столбцы и строки матрицы (3.14), получим информацию об ансамблях U и V исходных источников u и υ:

$$U = \begin{vmatrix} u_1... & u_i... & u_N \\ p(u_1)... & p(u_i)... & p(u_N) \end{vmatrix},\ V = \begin{vmatrix} v_1... & v_j... & v_k \\ p(v_1)... & p(v_j)... & p(v_k) \end{vmatrix}.$$

и этом $H_V(U) = 0$.

Лекція 10. Кількість інформації як міра знятої невизначеності.

План лекції

1. Поняття кількості інформації.
2. Передача інформації від дискретного джерела повідомлень. Апріорна та апостеріорна невизначеність.
3. Передача інформації від неперервного джерела повідомлень.
4. Основні властивості кількості інформації.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Кількість інформації як міра знятої невизначеності.

Передача информации инициируется либо самим источником информации, либо осуществляется по запросу. Она диктуется желанием устранить неопределенность относительно последовательности состояний, реализуемых некоторым источником информации. Обычно запрос обусловлен отсутствием возможности наблюдать состояния источника непосредственно. Поэтому абонент обращается к информационной системе, которая извлекает интересующую его информацию из источника посредством некоторого первичного преобразователя и направляет ее по каналу связи абоненту.

Информация проявляется всегда в форме сигналов. Сигналы z, поступающие с выхода первичного преобразователя источника информации на вход канала связи, принято называть сообщениями в отличие от сигнала u, формирующихся на входе линии связи. В зависимости от формы создаваемых сообщений различают источники дискретных и непрерывных сообщений.

Отдельные первичные сигналы с выхода источника дискретных сообщений называют *элементами сообщения*. Каждому элементу сообщения соответствует определенное состояние источника информации. В случае параллельной реализации источником информации множества состояний, как это имеет место, например, в документах с печатным текстом, первичный преобразователь, в частности, обеспечивает их последовательное отображение элементами сообщения. Таким преобразователем может быть как автоматическое читающее устройство, так и человек.

Основное понятие теории информации — *количество информации* — рассматривается в данном параграфе применительно к передаче отдельных статистически несвязанных элементов сообщения. Дискретный источник сообщений при этом полностью характеризуется ансамблем

$$Z = \begin{pmatrix} z_1 & \dots & z_i & \dots & z_N \\ p(z_1) & \dots & p(z_2) & \dots & p(z_N) \end{pmatrix},$$

а непрерывный — одномерной плотностью распределения случайной величины — z— $\rho(z)$. Особенности определения количества информации при передаче сообщений изложены в § 4.2.

Лекція 12. Інформаційні характеристики джерела повідомлень.

План лекції

1. Основні поняття і визначення. Інформаційні характеристики джерела дискретних повідомлень.
2. Моделі джерела дискретних повідомлень.
3. Марківські процеси та їх властивості. Властивості ергодичних послідовностей знаків.
4. Продуктивність джерела дискретних повідомлень

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Зміст лекції

Передача информации от непрерывного источника. Количество информации, получаемой от непрерывного источника по каналу с помехами, определяется так же, как в случае, рассмотренном выше, но с использованием понятия дифференциальной энтропии.

Для источника, имеющего непрерывное множество состояний, среднее количество информации, содержащееся в каждом принятом значении случайной величины *W* относительно переданного значения случайной величины Z, можно получить как разность априорной и апостериорной дифференциальных энтропий:

$$I(ZW) = h(Z) - h_W(Z)\,. \qquad (3.53)$$

Соотношение (3.53) несложно выразить в виде, подобном (3.52):

$$I(ZW) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} p(zw)\log\frac{p(zw)}{p(z)p(w)}dzdw\,. \qquad (3.54)$$

Относительность дифференциальных энтропий в этом случае не принимается во внимание, поскольку количество информации не зависит от выбранного стандарта сравнения.

Основные свойства количества информации. 1. Несмотря на то, что частное количество информации может быть величиной отрицательной, количество информации неотрицательно.

Действительно, согласно выражению

$$H_W(Z) \leqslant H(Z)\,. \qquad (3.55)$$

Тогда

$$I(ZW) = H(Z) - H_W(Z) \geqslant 0\,.$$

2. При отсутствии статистической связи между случайными величинами Z и W

$$H_W(Z) = H(Z)\,, \qquad (3.56)$$

следовательно, в этом случае

$$I(ZW) = 0$$

(принятые элементы сообщения не несут никакой информации относительно переданных).

Пример 3.7. Выстрел из орудия не поражает цель с вероятностью p. Через какое число выстрелов следует поинтересоваться у разведчика-корректировщика, уничтожена ли цель, чтобы в результате ответа получить максимальное количество информации?

Ансамбль интересующих нас событий включает: z_1— цель поражена; z_2 — цель не поражена. Вероятность того, что цель не поражена после k выстрелов, равна p^k. Вероятность противоположного события $(1—p^k)$. Поскольку после ответа корректировщика неопределенность устраняется полностью, количество информации равно энтропии, а она максимальна при равновероятности событий. Следовательно,

$$p^k = 1 - p^k,$$

откуда

$$k = -1/\log_2 p.$$

Пример 3.8. Определить среднее количество информации, получаемое при передаче элемента сообщения по каналу, описанному матрицей совместных вероятностей передачи и приема элементов сообщения

$$p(wz) = \begin{Vmatrix} 0{,}4 & 0{,}1 & 0 \\ 0 & 0{,}2 & 0{,}1 \\ 0 & 0 & 0{,}2 \end{Vmatrix}$$

Безусловные вероятности посылаемых z и принимаемых w элементов сообщения определены при рассмотрении примера 3 4. Там же получены значения для априорной H(Z) и апостериорной $H_W(Z)$ энтропий.

В соответствии с (3.51)

$$I(ZW) = H(Z) - H_W(Z) = 1{,}485 - 0{,}55 = 0{,}935 \text{ дв. ед}$$

Лекція 13. Інформаційні характеристики джерела повідомлень.

План лекції

1. Основні поняття і визначення.
2. Інформаційні характеристики джерела дискретних повідомлень.

джерела дискретних повідомлень.

3. Марківські процеси та їх властивості.
4. Властивості ергодичних послідовностей знаків. Продуктивність джерела дискретних повідомлень.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Лекція 14. Інформаційні характеристики дискретних каналів зв'язку.
План лекції
1. Моделі дискретних каналів.
2. Пропускна здатність дискретного каналу без завад.
3. Пропускна здатність дискретного каналу з завадами.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.
2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Лекція 15. Інформаційні характеристики неперервних каналів зв'язку.
План лекції

1.Інформаційні характеристики джерела неперервних повідомлень.
2. Моделі неперервних каналів зв'язку.
3. Швидкість передачі інформації по неперервному каналу зв'язку.
4. Пропускна здатність неперервного каналу зв'язку.

Література

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.
2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.

Лекція 16. Узгодження статистичних властивостей джерела повідомлень і каналу зв'язку.
План лекції
1. Оцінка якості системи передачі інформації.

2. Достовірність дискретного каналу зв'язку.
3. Середня швидкість передачі інформації. Перетворення інформації. Аналого-цифрові перетворювачі.
4. Методи эффективного кодування інформації.

1. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособ. – М.: Компания Спутник +, 2004. – 111 с.

2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.