МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ

КУЙБЫШЕВ 1984

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ

Утверждено редакционно-издательским советом института в качестве методических указаний к лабораторной работе № I

Куйбышев 1984

УДК 681.3

Приводятся краткие теоретические сведения о квантовании сигналов и алгоритмах сжатия данных; устанавливается порядок выполнения лабораторной работы и содержание отчета.

Методические указания составлены по курсу "Проектирование АСНИ" и предназначены для студентов спец. 0646 факультета системотехники Куйбышевского авиационного института.

Рецензент - В.В.С е р г е е в

Составители: Владимир Андреевич В и т т и х,
Владимир Андреевич Ц ы б а т о в

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ

Редактор М.И.Л о г у н о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор С.С.Р у б а н

Подписано в печать 26.07.84. Формат 60x84 I/I6.
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.
Усл.п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,9. Т. 500 экз.
Заказ № 6900 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Молодогвардейская, I5I.

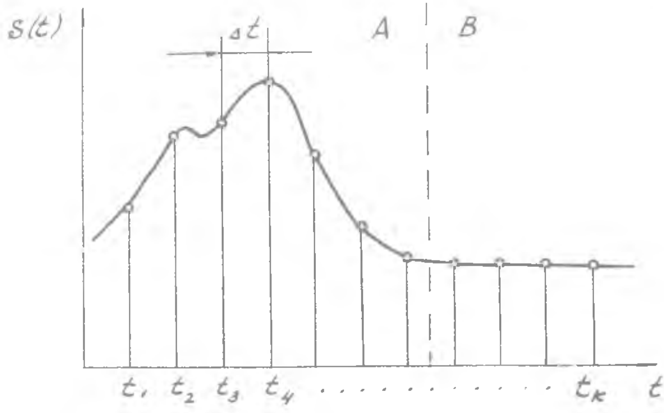
Областная типография имени В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.

Ц е л ь   р а б о т ы: ознакомиться с алгоритмами сжатия данных и получить практические навыки исследования систем сбора информации со сжатием данных.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При испытании новой техники требуется собирать и регистрировать большое количество измерительной информации. Отбор информации о состоянии объекта исследования (ОИ) производится специальными техническими устройствами - датчиками, которые преобразуют первичную форму информации (температуру, давление, перемещение и т.п.) в электрический сигнал. Сигналы с датчиков преобразуются устройствами системы сбора информации (ССИ) в дискретную форму. Это преобразование заключается в переходе от непрерывного исходного сигнала к его представлению дискретным рядом значений сигнала. Различают два вида преобразования: квантование по времени и квантование по уровню.

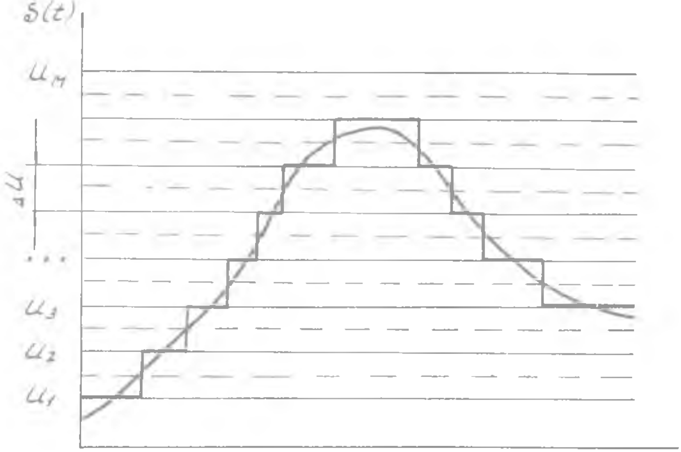
При квантовании по времени непрерывное множество значений сигнала $S(t)$ заменяется конечным числом значений сигнала, полученных в результате отсчетов мгновенных значений непрерывного сигнала $S(t)$ в определенные дискретные моменты времени t_K, $K = 0, 1, 2, \ldots$ (рис.1). Временной интервал между двумя соседними фиксированными



Р и с. 1. Квантование по времени

моментами времени называют интервалом дискретизации Δt, или шагом квантования по времени. Величину, обратную шагу квантования по времени, $f=1/\Delta t$, называют частотой дискретизации. Ее выбирают исходя из требуемой точности восстановления непрерывного исходного сигнала $S(t)$ по его квантованному отображению $S(t_K)$, $K = 0, 1, 2, \ldots$.

При квантовании по уровню (по амплитуде) мгновенное значение сигнала $S(t)$ заменяется ближайшим уровнем U_n из множества разрешенных уровней $U_1, U_2, \ldots, U_M$ (рис.2). При этом для замены



Р и с. 2. Квантование по уровню (амплитуде): замена мгновенного значения ближайшим меньшим или большим уровнем

допускается применение конечного числа дискретных уровней, способ выбора которых определен. Расстояние между дискретными уровнями называется шагом квантования по уровню ΔU (квантом). Обычно он постоянен по значению.

При отборе информации только в отсчетных точках t_K, $K = 0, 1, 2, \ldots$ квантование по уровню накладывается на квантование по времени.

Восстановление сигнала по конечному числу его значений на конечном интервале времени приводит к погрешности, зависящей от частоты дискретизации сигнала, шага квантования по уровню, способа интерполяции и технических характеристик аппаратуры [1] .

Теоретическим обоснованием возможности квантования сигнала и его последующего восстановления является теорема Котельникова [2]. По отношению к реальным видам передаваемых сигналов указанную теорему применяют с определенными допущениями. Частоту дискретизации выбирают такой, чтобы по отсчетам сигнала можно было бы с заданной точностью восстановить его исходную форму.

При равномерной дискретизации ($\Delta t = const$) погрешность восстановления сигнала будет изменяться от интервала к интервалу в зависимости от характера изменения сигнала. На практике при определении Δt рассчитывают на худший случай, выбирая частоту дискретизации $f (f = 1/\Delta t)$ равную 2÷5 f_{max}, где f_{max} - максимальная частота в спектре контролируемого сигнала. Стремление к обеспечению заданной точности на участках наибольшего изменения сигнала неизбежно приведет к информационной избыточности отсчетов на участках "замирания" сигнала (см. рис.I, область B). Для существенно нестационарных сигналов эта избыточность может оказаться значительной, что снижает эффективность экспериментальных исследований, поскольку приходится регистрировать и перерабатывать большее количество бесполезной информации. В связи с этим возникает проблема сокращения информационной избыточности на этапе сбора данных.

Большой эффект в плане решения указанной проблемы дает использование методов сжатия данных [3],[4] . Здесь возможно два подхода к преобразованию сигнала.

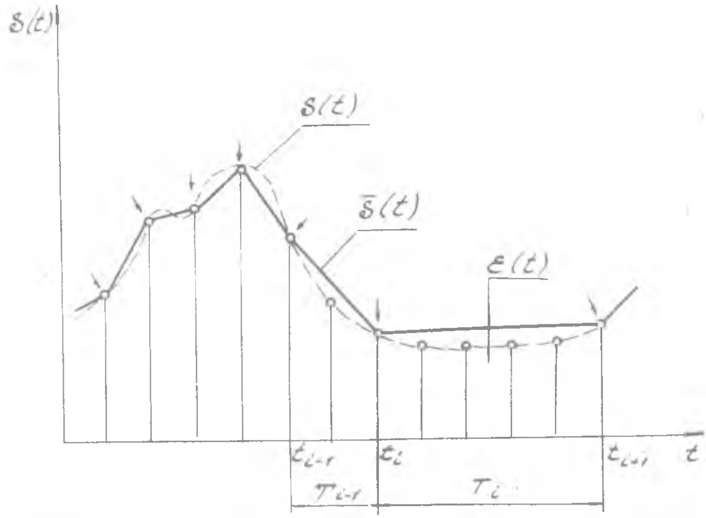
Первый подход связан с установлением интервала дискретизации на основе анализа текущего состояния сигнала (адаптивная дискретизация).

Второй подход основывается на использовании средств вычислительной техники в контуре системы сбора информации (ССИ). В отличие от первого подхода здесь осуществляется устранение избыточных отсчетов из последовательности отсчетов, полученной после дискретизации исходного сигнала с некоторой предварительной частотой $f = 1/\Delta t$ (Δt - интервал предварительной дискретизации). После отбраковки несущественных отсчетов исходная последовательность $S(K\Delta t)$, K =0,1,2,... преобразуется в более редкую последовательность "существенных" отсчетов $S^{(i)}$, i = I, 2, ..., где $S^{(i)} = S(t_i)$ (рис.3). Здесь t_i - момент отбора i -го существенного отсчета. Интервал между двумя соседними существенными отсчетами

$$T_i = t_i - t_{i-1} = N_i \Delta t \,, \qquad (I)$$

$$N_i \geqslant 1, \quad \forall i \qquad (2)$$

будем называть обобщенным интервалом дискретизации. В отличие от Δt величина этого интервала T_i будет изменяться в зависимости от характера сигнала.



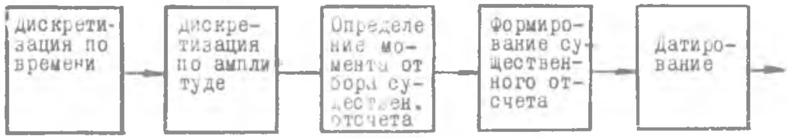
Р и с. 3. Последовательность отсчетов после сжатия: стрелкой отмечены существенные отсчеты; $\bar{S}(t)$ – возможный вид восстанавливающей функции; $\mathcal{E}(t)$ – текущая ошибка восстановления

Отбор существенных отсчетов осуществляется ЭВМ по программе, реализующей тот или иной алгоритм сжатия данных. Принцип отбора состоит в следующем. Исходный сигнал $S(t)$ на текущем обобщенном интервале дискретизации $[t_i, t]$ заменяется моделью $\bar{S}(t)$, и каждый вновь поступающий отсчет $S(t_i+K\Delta t)$, K = I, 2, ... сравнивается с его моделью в отсчетной точке $\bar{S}(t_i + K\Delta t)$. При этом вычисляется отклонение $\rho_i(K\Delta t)$. Момент отбора очередного (i + I-го) существенного отсчета определяется при первом нарушении следующего неравенства:

$$\rho_i(K\Delta t) \leq \mathcal{E}_0 , \tag{3}$$

где $\mathcal{E}_0$ – допустимая погрешность восстановления сигнала. Отсчеты, для которых неравенство (3) выполняется, считаются несущественными и отбрасываются. На рис.4 приведена блок-схема процесса сбора данных с адаптивной выборкой существенных отсчетов. Здесь: датирование – привязка существенных отсчетов к моменту времени их отбора.

В настоящее время наибольшее распространение получил класс



Р и с. 4. Блок-схема процесса сбора данных с адаптивной выборкой существенных отсчетов

апертурных алгоритмов сжатия, позволяющих в моменты взятия отсчетов контролировать максимальную погрешность восстановления исходного сигнала. Для этих алгоритмов момент отбора очередного существенного отсчета определится при первом нарушении неравенства

$$\rho_i(k \cdot \Delta t) = |S(t_i + k \cdot \Delta t) - \bar{S}(t_i + k\,\Delta t)| \leq \varepsilon_0 .$$
$$k = 1, 2, \ldots$$

Важнейшей характеристикой алгоритма сжатия данных является коэффициент сжатия:

$$J = K_{сж}\,\frac{n}{n\ldots} \qquad (4)$$

где

$$K_{сж} = \frac{M\{T\}}{\Delta t} = \frac{M\{N \Delta t\}}{\Delta t} = M\{N\} - \qquad (5)$$

коэффициент сжатия по числу отсчетов;

$M\{T\}$ - математическое ожидание величины обобщенного интервала дискретизации (I);

N - количество отсчетов сигнала на обобщенном интервале дискретизации (случайная величина);

n - количество двоичных разрядов (бит), отводимых на кодирование одного отсчета;

n_T - количество бит, расходуемых на датирование существенного отсчета.

Величина (4) зависит от величины предварительного интервала дискретизации Δt . При выборе Δt исходят из следующих требований:

обеспечить заданную погрешность восстановления сигнала;

обеспечить наименьшие затраты на обработку поступающих отсчетов.

На выбор величины Δt оказывают влияние:

частотные свойства сигнала;

способ восстановления сигнала по его отсчетам;
показатель верности восстановления.

В качестве последнего наиболее часто используют показатель равномерного приближения

$$\mathcal{E}_T = \max_{t\in[0,T]} |S(t) - \bar{S}(t)|, \qquad (6)$$

где $S(t)$ - сигнал; $\bar{S}(t)$ - аппроксимирующая функция.

Для этого показателя при условии, что исходный сигнал будет восстанавливаться интерполяционным полиномом нулевой степени, и в случае, когда погрешностью квантования по уровню можно пренебречь, интервал предварительной дискретизации выбирается следующим:

если известна первая производная сигнала, то

$$\Delta t^{(0)} \approx \mathcal{E}_0 / \max_{t\in[0,T]} |S'(t)|; \qquad (7)$$

если известна максимальная частота в спектре сигнала, то

$$\Delta t^{(0)} \approx \frac{\mathcal{E}_0}{2\pi f_{max} \cdot \max\limits_{t\in[0,T]} |S(t)|}. \qquad (8)$$

Если исходный сигнал восстанавливается интерполяционным полиномом первой степени, то величина Δt выбирается следующей:
если известна вторая производная сигнала, то

$$\Delta t^{(1)} \approx \sqrt{\frac{8\mathcal{E}_0}{\max\limits_{t\in[0,T]} |S''(t)|}}, \qquad (9)$$

если известна максимальная частота в спектре сигнала, то

$$\Delta t^{(1)} \approx \sqrt{\frac{8\mathcal{E}_0}{(2\pi f_{max})^2 \max\limits_{t\in[0,T]} |S(t)|}}. \qquad (10)$$

Исследование алгоритмов сжатия данных целесообразно проводить методами имитационного моделирования на ЭВМ [5],[6]. Для этих целей необходимо выбрать модель тестового сигнала и реализовать алгоритм формирования его отсчетов. При построении модели сигнала необходимо рассчитать частоту дискретизации, соответствующую реальному масштабу времени. Ее можно найти по формулам (7)-(10) согласно способу восстановления сигнала по дискретным отсчетам, предполагаемому исследуемым алгоритмом сжатия данных.

Апертура алгоритма сжатия вычисляется по формуле

$$\mathcal{E}_0 = H_s \cdot \mathcal{E}\%/100,$$

где H_S – шкала изменения сигнала;

$\varepsilon\%$ – допустимая погрешность восстановления (в % от шкалы).

Шкала сигнала характеризует диапазон изменения его амплитуды:

$$H_S = \max_{t\in[0,T]} S(t) - \min_{t\in[0,T]} S(t).$$

На рис.5 приведена блок-схема программы исследования алгоритма сжатия данных.

Коэффициент сжатия (5), достигаемый по числу существенных отсчетов, можно оценить следующим образом:

$$\hat{K}_{сж} = \frac{\frac{1}{N_{вых}} \sum_{i=1}^{N_{вых}} T_i}{\Delta t} =$$

$$= \frac{1}{N_{вых}} \sum_{i=1}^{N_{вых}} N_i = \frac{N_{вх}}{N_{вых}}, \qquad \text{(II)}$$

где $T_i = N_i \cdot \Delta t$ – обобщенный i -й интервал дискретизации;

$N_{вх}$ – объем выборки тестового сигнала, обработанный алгоритмом сжатия;

$N_{вых}$ – количество отсчетов, признанных существенными.

Качество оценки (II) улучшается с увеличением объема выборки тестового сигнала. Дисперсия оценки (II) связана с величиной $N_{вых}$ следующим образом:

$$D\{\hat{K}_{сж}\} = \frac{1}{\Delta t^2 N_{вых}^2} D\left\{\sum_{i=1}^{N_{вых}} T_i\right\} = \frac{D\{T\}}{\Delta t^2 N_{вых}} =$$

$$= D\{\Delta t\, N\}/(\Delta t^2 N_{вых}) = D\{N\}/N_{вых}$$

Относительная среднеквадратическая погрешность оценки (II)

$$\delta = \frac{\sqrt{D\{\hat{K}_{сж}\}}}{\hat{K}_{сж}} = \sqrt{\frac{D\{N\}}{N_{вых} M^2\{N\}}} \qquad \text{(I2)}$$

Р и с. 5. Блок-схема программы исследования алгоритма сжатия данных

В силу неравенства (2), величина N не может быть меньше единицы. Тогда, пользуясь известным неравенством Чебышева для математического ожидания и дисперсии случайной величины, можно записать следующее неравенство:

$$D\{N\}/M^2\{N\} < 1. \tag{13}$$

Подставляя выражение (13) в формулу (12), получим неравенство

$$\delta < \sqrt{1/N_{вых}},$$

устанавливающее соотношение между количеством существенных отсчетов на выходе алгоритма сжатия данных и относительной среднеквадратической оценкой коэффициента сжатия по числу отсчетов.

ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Для заданных алгоритма сжатия данных и модели тестового сигнала моделированием на ЭВМ получить оценку коэффициента сжатия по числу отсчетов для установленной максимальной погрешности восстановления $\mathcal{E}\,\%$, равной соответственно 2, 5 и 10% от шкалы сигнала. Допустимая относительная среднеквадратическая погрешность оценки коэффициента сжатия должна быть не более 2%.

Тексты вариантов заданий приведены ниже.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить шкалу изменения тестового сигнала и пересчитать относительную погрешность $\mathcal{E}\,\%$ в абсолютную (определить апертуру алгоритма сжатия $\mathcal{E}_0$).

2. Написать и отладить программу моделирования тестового сигнала.

3. Написать и отладить программу алгоритма сжатия данных.

4. Решить задачу планирования эксперимента, определив объем выборки тестового сигнала ($N_{вх}$ или $N_{вых}$), необходимый для оценки коэффициента сжатия $K_{сж}$ с приемлемой точностью.

5. Произвести моделирование.

6. Оформить отчет, в котором представить:

а) результаты проведенного теоретического анализа;

б) программу моделирования;

в) результаты моделирования (коэффициенты $\mathcal{J}$ и $K_{сж}$).

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Задание I. Предсказатель нулевого порядка (ПНП) с фиксированной апертурой.

Пусть t_i - момент формирования i -го существенного отсчета $S^{(i)}$ тестового сигнала $S(t)$. Формирование существенного отсчета $S^{(i)}$ производится путем сравнивания значения тестового сигнала $S(t_i)$ с заранее установленными уровнями

$$U_1, U_2, \ldots, U_M .$$

Расположение уровней на шкале сигнала показано на рис.6; все уровни отстоят друг от друга на величину $2\mathcal{E}_0$.

Их количество

$$M = \frac{S_{max} - S_{min}}{2\mathcal{E}_0},$$

где S_{max}, S_{min} - соответственно максимальное и минимальное значения сигнала; $\mathcal{E}_0$ - апертура алгоритма (допустимая абсолютная погрешность восстановления). Значение существенного отсчета $S^{(i)}$ принимается равным величине

$$U_n = S_{min} + 2\mathcal{E}_0 n + \mathcal{E}_0 ,$$

где

$$n = \left[\frac{S(t_i) - S_{min}}{2\mathcal{E}_0}\right]$$

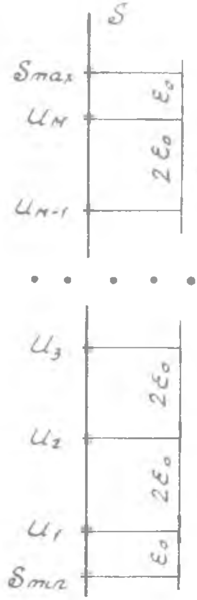
$[x]$ - целая часть x.

Значение $S^{(i)}$ берется в качестве экстраполяционной оценки тестового сигнала на следующем интервале апроксимации. Момент формирования (i + I)-го существенного отсчета определяется при нарушении неравенства

$$|S(t_i + K\Delta t) - S^{(i)}| \leq \mathcal{E}_0 , K = 1, 2, \ldots ,$$

где Δt - интервал дискретизации тестового сигнала.

Начальные условия: $t_1 = 0$, $S^{(1)} = S(0)$.



Р и с. 6. Расположение уровней на шкале сигнала

Задание 2. Предсказатель нулевого порядка (ПНП) с плавающей апертурой.

Для формирования очередного существенного отсчета $S^{(i+1)}$ тестового сигнала $S(t)$ производится сравнение текущих отсчетов тестового сигнала $S(t_i+K\cdot\Delta t)$, K = I, 2, ... со значением предшествующего существенного отсчета $S^{(i)}$. Другими словами, на очередном (i -ом) интервале аппроксимации имеет место экстраполяционная оценка

$$U(t_i+K\Delta t)=S^{(i)},\quad K=1,2,\ldots$$

Момент t_{i+1} отбора очередного существенного отсчета определится при первом нарушении условия

$$/S(t_i+K\Delta t)-S^{(i)}/\leq \mathcal{E}_0,\quad K=1,2,\ldots.$$

При этом за новый существенный отсчет принимается то значение сигнала (а именно $S(t_{i+1})=S(t_i+K^*\Delta t$), при котором произошло это нарушение:

$$S^{(i+1)}=S(t_{i+1})$$

Начальные условия: $t_1=0$, $S^{(1)}=S(0)$.

Задание 3. Предсказатель нулевого порядка с анализом знака приращения сигнала.

Для определения момента отбора i + I -го существенного отсчета $S^{(i+1)}$ производится сравнение текущих отсчетов тестового сигнала $S(t_i+K\Delta t)$, K = I, 2, ... со значением его существенного отсчета $S^{(i)}$, сформированного для момента времени t_i. Момент отбора t_{i+1} определяется моментом нарушения условия

$$/S(t_i+K\Delta t)-S^{(i)}/\leq \mathcal{E}_0,\quad K=1,2,\ldots$$

Для формирования существенного отсчета $S^{(i+1)}$ необходимо провести анализ приращения

$$\Delta S(K)=S(t_i+K\Delta t)-S(t_i+(K-1)\Delta t),$$
$$K=0,1,2,\ldots\quad (t_{i+1}-t_i)/\Delta t$$

на интервале $[t_i, t_{i+1}]$. Если на этом интервале разность между соседними отсчетами сохраняла свой знак, "плюс" или "минус", то, соответственно

$$S^{(i+1)}=S(t_{i+1})\pm\mathcal{E}_0.$$

Если знак приращения на интервале $[t_1, t_{i+1}]$ менялся, то

$$S^{(i+1)}=S(t_{i+1}).$$

Начальное условие: первый отсчет тестового сигнала считается существенным.

Задание 4. Интерполятор нулевого порядка.

Начиная с момента t_i фиксации существенного отсчета $S^{(i)}$, по мере поступления отсчетов вычисляются две величины:

$$S_1(K\cdot\Delta t) = \max_{0\le K'\le K}\{S(t_i + K'\Delta t)\},$$

$$S_2(K\cdot\Delta t) = \min_{0\le K'\le K}\{S(t_i + K'\Delta t)\}.$$

Существенный отсчет фикисируется в тот момент $t_{i+1} = t_i + K^*\Delta t$, когда начинает нарушаться неравенство

$$S_1(K\cdot\Delta t) - S_2(K\cdot\Delta t) \le 2\varepsilon_0,$$

где ε_0 - допустимое значение ошибки аппроксимации. Значение существенного отсчета $S^{(i+1)}$ принимается равным

$$S^{(i+1)} = 0{,}5[S_1((K^*-1)\Delta t) + S_2((K^*-1)\Delta t)]$$

и используется для восстановления отброшенных отсчетов на интервале $[t_i, t_{i+1}]$.

Начальные условия: $t_1 = 0$; $S^{(1)} = S(0)$.

Задание 5. Предсказатель первого порядка.

Для формирования очередного существенного отсчета $S^{(i+1)}$ производится сравнение текущего значения дискретизированного тестового сигнала $S(t_i + K\cdot\Delta t)$, K = I, 2, ... со значением экстраполяционной оценки:

$$U(t_i + K\Delta t) = S^{(i)} + \frac{S^{(i)} - S^{(i-1)}}{t_i - t_{i-1}}(t_i + K\cdot\Delta t - t_{i-1}),$$

$$K = 1, 2, \ldots$$

Здесь $S^{(i-1)}$, $S^{(i)}$ - значения существенных отсчетов тестового сигнала, взятых в моменты времени t_{i-1}, t_i соответственно.

Момент t_{i+1} формирования i + I -го существенного отсчета $S^{(i+1)}$ определяется по первому нарушению неравенства

$$|S(t_i + K\cdot\Delta t) - U(t_i + K\cdot\Delta t)| \le \varepsilon_0.$$

$$K = 1, 2, \ldots$$

Значение существенного отсчета принимается равным

$$S^{(i+1)} = S(t_{i+1}).$$

Начальные условия: $t_1 = 0$; $S^{(1)} = S(0)$.

МОДЕЛИ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ

Модель I. $S(t) = A\sin(1 + \omega_1 t) + B\cos(2 + \omega_2 t)$.

Таблица вариантов

Номер варианта	Значение параметров			
	$A[ед]$	$B[ед]$	$\omega_1[рад]$	$\omega_2[рад]$
I	2	7	80	I0
2	4	5	60	30
3	6	3	40	50
4	8	I	20	70

Перед моделированием рассчитать интервал предварительной дискретизации.

Модель 2. $S(t) = \sum_{i=1}^{N} \frac{A}{N} \frac{\sin 2\pi F(t-\alpha N)}{2\pi F(t-\alpha N)}$

Таблица вариантов

Номер варианта	Значение параметров			
	$A[ед]$	N	$F[Гц]$	$\alpha[c]$
I	2	8	5	0,005
2	4	7	4	0,003
3	6	6	3	0,002
4	8	5	2	0,00I

Перед моделированием рассчитать интервал предварительной дискретизации.

Модель 3. $S(t_n) = \sum_{j=0}^{N} \xi(n-j)$, $n = 1, 2, \ldots$

$\xi(-N+1) \div \xi(0) = 0$;

($\xi(n)$ – гауссовская случайная величина с параметрами $M\{\xi\}$ и $D\{\xi\}$).

Таблица вариантов

Номер варианта	Значение параметров		
	N	$M\{\xi\}$	$D\{\xi\}$
I	I2	-2	I
2	I0	0	4
3	8	2	9
4	6	4	I6

Модель 4. $S(t_n) = A \cdot \sin[\xi(n) + B_n]$, $n = 1, 2, \ldots$

($\xi(n)$ - гауссовская случайная величина с параметрами $M\{\xi\}$ и $D\{\xi\}$).

Таблица вариантов

Номер варианта	Значение параметров			
	A[ед]	B[рад]	$M\{\xi\}$	$D\{\xi\}$
I	4	0,0I	-2	0,005
2	3	0,02	0	0,0I
3	2	0,03	2	0,02
4	I	0,04	4	0,05

Модель 5. $S(t_n) = A(1 + \xi(n)) \sin \omega_n$, $n = 1, 2, \ldots$.

($\xi(n)$ - гауссовская случайная величина с параметрами $M\{\xi\}$ и $D\{\xi\}$).

Таблица вариантов

Номер варианта	Значение параметров			
	A[ед]	ω[рад]	$M\{\xi\}$	$D\{\xi\}$
I	4	0,05	-2	0,005
2	3	0,03	0	0,0I
3	2	0,02	2	0,02
4	I	0,0I	4	0,05

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

I. Поясните физический смысл квантования сигналов по времени и по амплитуде.

2. По какому принципу выбирается частота дискретизации сигнала?

3. Что такое адаптивная дискретизация?

4. В чем состоит принцип отбора существенных отсчетов?

5. Как рассчитать шкалу сигнала?

6. Как рассчитать апертуру алгоритма сжатия данных?

7. Что такое датирование?

8. Может ли коэффициент сжатия $K_{сж}$ быть меньше единицы?

9. Какие показатели верности используют при восстановлении сигналов по дискретным отсчетам?

10. Как определить объем выборки тестового сигнала, необходимый для оценки коэффициента сжатия с требуемой точностью?

Литература

1. Виттих В.А., Сергеев В.В. Квантование сигналов.- Куйбышев:КуАИ, 1981.-23 с.

2. Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии.-М.: Энергия, 1973. - 592 с.

3. Виттих В.А. Сжатие данных при экспериментальных исследованиях.-В кн.:Вопросы кибернетики. Сжатие данных.-М.:АН СССР. Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика", 1974. - с.5-23.

4. Ольховский Ю.Б., Новоселов О.Н., Мановцев А.П. Сжатие данных при телеизмерениях.-М.:Сов.радио, 1971.- 304 с.

5. Дерябкин В.П., Кораблин М.А. Моделирование систем на ЭВМ. Учебное пособие.- Куйбышев:КуАИ, 1977.- 81 с.

6. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. - М.: Сов.радио, 1971. - 326 с.