

Лабораторная работа 5

Предварительная обработка реализации нестационарного случайного сигнала.

Целью лабораторной работы является ознакомление с основными этапами предварительной обработки реализации нестационарного случайного сигнала и сравнительная оценка различных алгоритмов организации выборок при центрировании и нормировании.

Исследование выполняется на базе демонстрационной работы, обеспечивающей возможности варьирования различных методов организации выборок для определенного типа сигнала и оценку времени выполнения предварительной обработки.

Общие сведения.

Большинство реальных дискретных сигналов во временной области описывается с помощью дискретных случайных функций времени или случайных последовательностей, нестационарных по среднему и дисперсии.

Достаточно общей моделью нестационарного по среднему и дисперсии случайного дискретного сигнала является модель вида :

$$x(n)=A(1) \cdot F1(n)+[A(2) \cdot F2(n)+C] \cdot z(n),$$

где: $F1(n)$ - систематическая составляющая, отражающая изменения среднего значения $Mx(n)$, $F2(n)+C$ - систематическая составляющая, отражающая изменения среднеквадратического отклонения (стандарта) $sx(n)$, $z(n)$ - случайная составляющая сигнала с нулевым средним и единичной дисперсией. Вектор $A=[A(1) A(2)]$, имеющий нулевые и единичные компоненты, определяет включение каждой составляющей в общий сигнал $x(n)$.

При $A=[1 \ 0]$ формируется сигнал с переменным средним; при $A=[0 \ 1]$ - с переменным стандартом; при $A=[1 \ 1]$ - с переменными средним и стандартом.

При обработке такого нестационарного сигнала прежде всего необходимо выделить систематические и случайную составляющие сигнала путем центрирования и нормирования реализации по выборкам.

Операция центрирования предполагает:

а) разбиение всей реализации на k выборок объемом m отсчетов:

$$x(n), n=1..N=[x_j(i), i=1..m], \quad j=1..k;$$

б) вычисление выборочных оценок среднего в j -й выборке :

$$Mx(j)= (1/m) \cdot S(x_j(i)), \quad i=1..m;$$

в) вычисление центрированных отсчетов в пределах j -й выборки:

$$u_j(i)=x_j(i)-Mx(j);$$

г) создание массива центрированных отсчетов:

$$u(n)=u_j(i) \quad n=1..Nu.$$

Возможны различные варианты разбиения массива $x(n)$ на выборки:

1) на примыкающие выборки, каждая из которых не содержит общих отсчетов с соседними;

Исходная последовательность

----- m

----- m

----- m

2) на скользящие выборки, каждая из которых содержит $(m-1)$ общих отсчетов с соседними;

Исходная последовательность

3) на перекрывающиеся выборки, каждая из которых содержит q общих отсчетов с соседними, где $0 < q < m-1$. В данной работе принято $q=m/2$.

Исходная последовательность

Для любого варианта $Mx(j)$ вычисляется по всем элементам выборки. Метод вычисления центрированных отсчетов зависит от выбранного варианта разбиения массива $x(n)$. Для первого варианта центрируются все

элементы выборки и $Mx(j)$ принимается для них одинаковым. При этом длина массива центрированных отсчетов $N_u=N$, поскольку отсчеты не теряются.

Для второго варианта $Mx(j)$ используется для центрирования только одного элемента выборки, находящегося в ее середине. При этом длина массива центрированных отсчетов будет $N_u=N-m$, поскольку первая половина первой выборки и вторая половина последней выборки в формировании этого массива не участвуют.

Для третьего варианта $Mx(j)$ используется для центрирования элементов выборки с номерами $m/4+1..m/4+m/2$, находящихся в ее средней части. При этом длина массива центрированных отсчетов будет $N_u=N-m/2$, поскольку первая четверть первой выборки и последняя четверть последней выборки в формировании этого массива не участвуют.

Операция нормирования выполняется аналогично центрированию и предполагает:

а) разбиение центрированной реализации на k выборок по m отсчетов: $u(n)$, $n=1..N_u=[uj(i), i=1..m], j=1,...,k$;

б) вычисление для каждой выборки выборочных оценок стандарта $su(j)=\text{SQRT}(1/m \cdot S(uj(i)^2))$;

в) вычисление нормированных отсчетов в пределах j -й выборки:

$wj(i)=uj(i)/su(j)$;

г) создание массива нормированных отсчетов:

$w(n)=wj(i), n=1,...,N_w$;

Ряд выборочных оценок среднего $Mx(j)$ представляет собой оценку $\hat{F1}(n)$ систематической составляющей $F1(n)$. Ряд выборочных стандартов $su(j)$ представляет собой оценку $\hat{F2}(n)$ систематической составляющей $F2(n)+C$. Массив нормированных отсчетов $w(n)$ представляет собой оценку случайной составляющей $z(n)$.

В данной работе принят следующий способ формирования исследуемого сигнала:

случайная составляющая сигнала $z(n)$ представляет собой коррелированную случайную последовательность, формируемую на выходе системы второго порядка из дискретного нормального белого шума;

систематическая составляющая, отражающая изменения среднего:

$$F1(n)=1-\exp(-L \cdot n) + \sin(2\pi \cdot B \cdot n);$$

систематическая составляющая, отражающая изменения стандарта:

$$F2(n)+C=D \cdot [1-\exp(-SL \cdot n) + \sin(2 \cdot \pi \cdot SB \cdot n)].$$

Параметры сигнала: L , B , SL , SB и размер выборки N определяются

в соответствии с вариантом задания. Размеры выборок m выбирают равными 16, 32 или 64.

В работе оценивается время, необходимое на выполнение центрирования и нормирования сигнала при выбранном алгоритме.

Порядок выполнения работы.

1. Для заданной модели сигнала (параметров L, B, SL, SB) при $A=[1 \ 1]$ формируется последовательность отсчетов длиной N и выполняется центрирование всеми тремя методами организации выборок для различных значений m . При этом результаты оценки времени выполнения операции центрирования записывают в файл данных.

2. Исследования операции центрирования повторяют для сигнала с теми же параметрами при $A=[0 \ 1]$, $A=[1 \ 0]$ для $m=32$ различными методами, сравнивая графики для выборочных оценок среднего с $F1(n)$.

3. Для центрированной последовательности, сформированной при обработке сигнала при $A=[1 \ 1]$ 3-м методом для $m=32$ выполнить нормирование различными методами организации выборок для различных значений числа отсчетов в выборке $m=16, 32, 64$. При этом результаты оценки времени выполнения операции нормирования записывают в файл данных.

4. Для центрированных последовательностей, сформированных при обработке сигнала при $A=[0 \ 1]$, $A=[1 \ 0]$ 3-м методом для $m=32$, выполнить нормирование различными методами для числа отсчетов в выборке, равном 32 и сравнить графики выборочных оценок стандарта с $F2(n)$.

5. Оценить время, необходимое на выполнение операций центрирования и нормирования сигнала при $A=[1 \ 1]$, для $m=32$ при следующих вариантах разбиения последовательностей на выборки :

а) центрирование и нормирование по примыкающим выборкам;
б) центрирование и нормирование по скользящим выборкам;
в) центрирование и нормирование по перекрывающимся выборкам. Сформировать файл данных по оценке времени выполнения обеих операций, входящих в предварительную обработку сигнала.

6. Повторить исследования по п.5 при $A=[1 \ 0]$, $A=[0 \ 1]$, сравнивая графики выборочных оценок среднего и стандарта с соответствующими систематическими составляющими сигнала.

Контрольные вопросы:

1. Какие данные формируются в результате выполнения операции центрирования?
2. По каким параметрам можно сравнить исследуемые алгоритмы центрирования?
3. Какие данные формируются в результате выполнения операции нормирования?
4. По каким параметрам можно сравнить исследуемые алгоритмы нормирования?
5. Какие методы организации разбиения на выборки рекомендуется использовать при центрировании и нормировании (по результатам эксперимента)?

Варианты заданий

	L	B	SL	SB	N
1	2	.5	3	3	480
2	2.5	1	3	3.5	512
3	3	2	4	4	544
4	3	.5	4	4	480
5	2	1	3	3	512
6	2.5	2	4	3.5	544