

На сигнал был наложен нормально распределенный шум с заданным средним квадратичным отклонением. В результате обработки полученного сигнала по рассмотренному методу было увеличено отношение сигнал/шум в $\sqrt{N}/2$ раз, N - число членов псевдослучайного ряда. На рис. 3 и 4 представлены соответственно исходная хроматограмма, полученная при однократном введении пробы, и усредненная сглаженная хроматограмма, соответствующая семикратному введению исследуемой пробы ($N = 7$).

Л и т е р а т у р а

1. Dennis R Owens. *Correlation-an aid to chromatography*. Chem. Brit., 1972, 8, №11.

2. Гроп Д. Методы идентификации систем. - М.: Мир, 1979. - 302с.

УДК 62.501

Н.В.Беликов, К.В.Исаев

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

(г. Ростов-на-Дону)

С помощью процедуры последовательной ортогонализации Грама-Шмидта [1] многие задачи обработки стационарных (случайных или периодических) процессов, связанные, в частности, с идентификацией, фильтрацией, классификацией [2], сжатием данных [3], могут быть либо полностью решены, либо значительно упрощены. Во всяком случае, вместо последовательности независимых стационарных процессов $z(t) = \{z_0(t), z_1(t), \dots, z_K(t)\}$, как правило, предпочтительнее иметь дело с последовательностью $y(t) = \{y_0(t), y_1(t), \dots, y_K(t)\}$ взаимно ортогональных процессов, образованных как линейные комбинации элементов исходной последовательности $z(t)$ с известными коэффициентами. В системах обработки данных в реальном масштабе времени формирование из $z(t)$ ортогональной последовательности $y(t)$ требует, особенно при больших K , значительных затрат вычислительных ресурсов основной ЭВМ. Поэтому иногда целесообразно это формирование выполнять на схемном уровне в виде отдельного модуля с векторным входом $z(t)$ и векторным выходом $y(t)$.

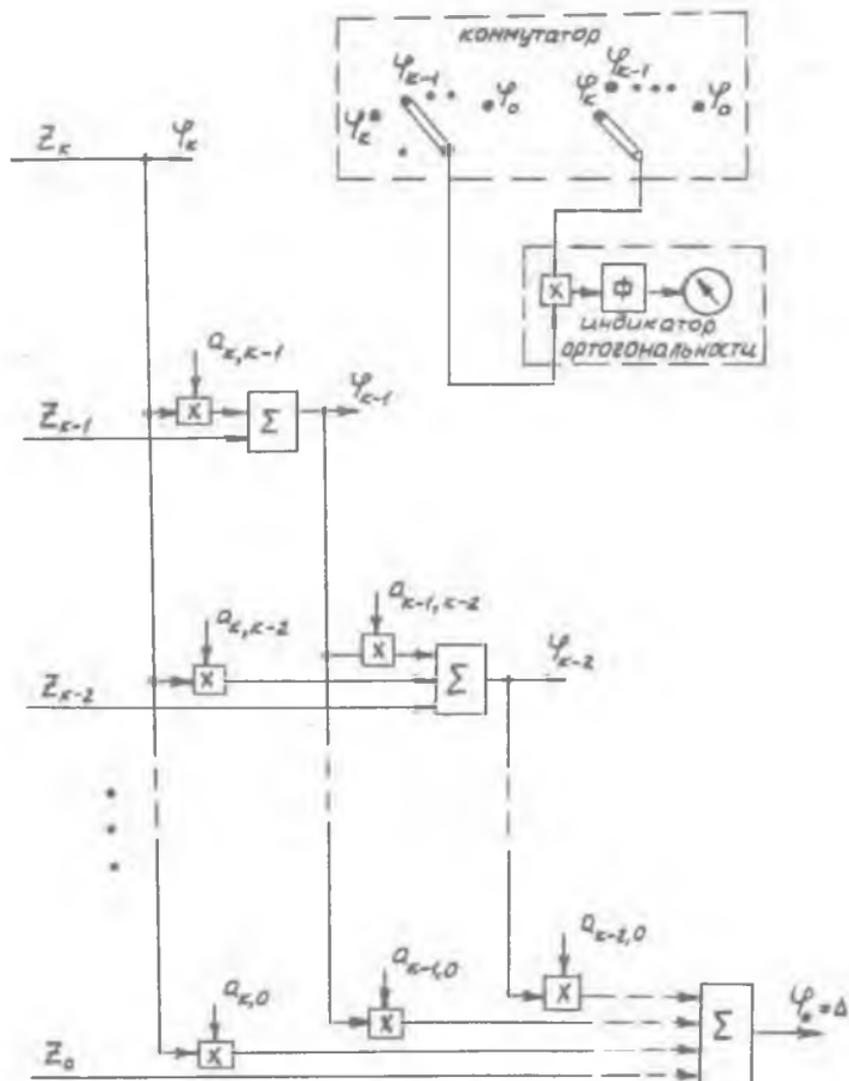


Рис. Структурная схема модуля ортогонализации

На схеме модуля ортогонализации (рисунок) выходы $\psi_i(t)$ формируются из выходов $z_i(t)$ в виде последовательности

$$\left. \begin{aligned}
 \varphi_K(t) &= z_K(t), \\
 \varphi_{K-1}(t) &= z_{K-1}(t) + a_{K,K-1} \varphi_K(t), \\
 &\dots \\
 \varphi_i(t) &= z_i(t) + a_{K,i} \varphi_K(t) + \dots + a_{i-1,i} \varphi_{i-1}(t), \\
 &\dots \\
 \varphi_0(t) &= z_0(t) + a_{K,0} \varphi_K(t) + \dots + a_{1,0} \varphi_1(t).
 \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

Умножение на коэффициенты $a_{i,j}$ и суммирование сигналов легко и точно реализуются соответственно на дискретных делителях напряжения и операционных усилителях (в микросхемном исполнении). Настройка $a_{i,j}$ производится независимо в последовательности

$$a_{K,K-1}, a_{K,K-2}, a_{K-1,K-2}, a_{K,K-3}, a_{K-1,K-3}, a_{K-2,K-3}, \dots, a_{10}.$$

Алгоритм настройки реализует для каждого значения i минимизацию среднеквадратического значения $\varphi_i(t)$. Для квазистационарных процессов $z_i(t)$ настройку всех $a_{i,j}$ следует повторять периодически через промежутки времени, согласующиеся с интервалом времени, в течение которого процессы $z_i(t)$ можно считать практически стационарными.

Возможны различные способы реализации алгоритма настройки - от ручного до полностью автоматического. При ручной настройке ортогонализацию можно выполнять с помощью индикатора ортогональности (см. рис.), два входа которого при настройке коэффициента $a_{i,j}$ коммутируются с $\varphi_i(t)$ и $\varphi_j(t)$. Изменяя положение соответствующего $a_{i,j}$ делителя напряжения, добиваются нулевого значения выхода индикатора, состоящего из умножителя и фильтра нижних частот.

Автоматическая настройка может производиться автономным вычислительным устройством или основной ЭВМ, реализующей рекуррентный алгоритм метода наименьших квадратов [4]:

$$\left. \begin{aligned}
 d[t+1] &= d[t] + \varphi_i^2(t+1), \\
 a_{i,j}[t+1] &= a_{i,j}[t] + \frac{\varphi_i(t+1)\varphi_j(t+1)}{d[t+1]}
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Как и в случае ручной настройки, в каждом цикле настройки алгоритм(2) применяется последовательно ко всем $a_{i,j}$ в указанном выше порядке. В качестве начального значения $d[0]$ следует выбирать достаточно большое положительное число.

Остановимся подробнее на некоторых задачах обработки данных, реализация которых с помощью описанной схемы может дать значительный положительный эффект.

Задача идентификации динамического объекта может быть во многих случаях сформулирована как задача минимизации по K -вектору параметров C среднеквадратического значения процесса:

$$\Delta(t) = z_0(t) + B_t^T \{u(\tau)\} C, \quad (3)$$

где $z_0(t)$ - наблюдаемый выход объекта,

$B_t \{ \cdot \}$ - K - вектор базисных преобразователей, действующих на вход объекта $u(t)$,

" T " - символ транспонирования.

Для решения задачи с помощью описанной схемы в качестве $z_1(t)$, $z_2(t), \dots, z_K(t)$ следует использовать выходы специального вычислителя (или вычислителей), реализующего базисные преобразования $B_t \{ \cdot \}$ процесса $u(t)$. Значения $a_{i,j}$ при этом нет необходимости запоминать. Для получения компоненты C_i вектора C достаточно ко входу $z_i(t)$ схемы подключить источник эталонного напряжения. Тогда на выходе y_0 появится сигнал, пропорциональный C_i .

В этом варианте схему можно, в частности, использовать для получения частотных характеристик объекта. Для этого в качестве $u(t)$ следует выбрать гармонический процесс, а два базисных преобразователя реализовать в виде независимых линейных звеньев с передаточными функциями I и S . Тогда коэффициент C_1 при выходе первого базисного преобразователя будет равен действительной части, а коэффициент C_2 при выходе второго базисного преобразователя - мнимой части комплексного коэффициента передачи линейного в смысле "вход - выход" объекта. Для нелинейного объекта эти коэффициенты равны коэффициентам гармонической линеаризации. Аналогичным образом можно получать коэффициенты статистической линеаризации.

Заметим, что вместо звеньев с передаточными функциями I и S в описанном варианте применения модуля ортогонализации можно использовать любые другие независимые звенья, например, звенья с передаточ-

ными функциями $I/(I + ST)$, $ST/(I + ST)$. В этом случае частотные характеристики, более сложным образом связаны с коэффициентами C_1 и C_2 , но однозначно определяются ими.

Задача разложения процесса $Z_0(t)$ в ряд известных функций $Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_k(t)$ решается приведенной схемой практически так же, как и задача идентификации. В этом случае $Z_0(t)$ - экспериментально наблюдаемый стационарный процесс, $Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_k(t)$ - процессы на выходах генераторов базисных функций. Коэффициенты разложения C_1, C_2, \dots, C_k получаются так же, как и параметры объекта идентификации путем подачи вместо $Z_i(t)$ эталонных напряжений.

Среди других возможных применений модуля ортогонализации в системах обработки данных отметим задачу формирования адаптивных полиномиальных фильтров [5].

Л и т е р а т у р а

1. Коллатц Л. Функциональный анализ и вычислительная математика. - М.: Мир, 1969, - 448 с.
2. Цыпкин Я.Э. Адаптация и обучение в автоматических системах. - М.: Наука, 1968. - 400 с.
3. Катковник В.Я. Линейные оценки и стохастические задачи оптимизации. - М.: Наука, 1976. - 488 с.
4. Алберт А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание. - М.: Наука, 1977. - 224 с.
5. Даннэ А.А. Оптимальный синтез линейных электрических цепей. - М.: Связь, 1969. - 292 с.

УДК 621.391.1

Р.Т.Сайфуллин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
НЕПОЛНОСТЬЮ РАЗРЕШЕННЫХ СПЕКТРОВ

(г. Куйбышев)

Разделение сильно перекрывающихся пиков - одна из основных задач математической обработки спектрограмм (спектры ядерного магнит-