Расчетные значения оценки эффективности снизу приведены в таблице. При этом полагалось K = 5II, $\Delta_\varphi = \Delta_g$ =4 и равномерное распр деление искаженного значения по уровням квантования. Оценки эффектив ности сверху составили $Э_{max}$= I, N_φ = 0.

Расчетные значения эффективности

Приращения полезного сигнала	$Э_{min}$	$N_{\varphi min}$
0,25 Δ_φ	I,000	0
0,5 Δ_φ	0,992	0,0I6

Результаты анализа позволяют сделать вывод о высокой эффективности фильтрации сбоев алгоритмом с прямоугольной областью допустимых значений сигнала относительно сомнительного отсчета.

Л и т е р а т у р а

I. Сабило В.П., Семеной А.Ю. Фильтрация одиночных сбоев измерительной информации. Межвузовский сборник: Автоматизация экспериментальных исследований. - Куйбышев: КуАИ, 1982, с. 13I-14I.

УДК 68I.3:62I.39I.26

Ж.Т.Сайфулин

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ

(г. Куйбышев)

Отношение сигнал /шум при измерении слабых аналитических сигналов может быть значительно увеличено за счет использования метода взаимной корреляции. Рассмотрим реализацию этого метода на примере хроматографии. В этом случае использование корреляционного метода приводит к тому, что обычное единичное введение пробы заменяется более чистым, случайным введением анализируемых образцов малого объема [I]. Момент ввода пробы задается генератором псевдослучайного бинарного сигнала (ПБС), а сглаженная хроматограмма представляет собой усредненную взаимно-корреляционную функцию между сигналами с выхода детектора хроматографа и выхода ППБС.

Входной $x(t)$ и выходной $y(t)$ сигналы хроматографа связаны между собой уравнением типа свертки:

$$y(t)=\int_0^\infty h(\tau_1)x(t-\tau_1)d\tau_1, \tag{I}$$

где $h(\tau_1)$ - импульсная переходная функция хроматографа.

Поскольку входной сигнал имеет форму узкого импульса, представим его в виде дельта-функции $\delta(t)$

Тогда из соотношения (I)

$$y(t)=\int_0^\infty h(\tau_1)\delta(t-\tau_1)d\tau_1=h(\tau). \tag{2}$$

Найдем оценку взаимно-корреляционной функции $R_{xy}(\tau)$ сигналов $x(t)$ и $y(t)$:

$$R_{xy}(\tau)=\frac{1}{T}\int_0^T x(t-\tau)y(t)dt. \tag{3}$$

Найдем условия, при которых сглаженная хроматограмма может быть получена на основе $R_{xy}(\tau)$. Для этого умножаем обе части выражения(I) на $x(t-\tau)$ и проинтегрируем полученное соотношение на интервале T :

$$\frac{1}{T}\int_0^T y(t)x(t-\tau)dt=\frac{1}{T}\int_0^T x(t-\tau)\left[\int_0^\infty h(\tau_1)x(t-\tau_1)d\tau_1\right]dt \tag{4}$$

или с учетом выражения (3) имеем

$$R_{xy}(\tau)=\int_0^\infty h(\tau_1)\left[\frac{1}{T}\int_0^T x(t-\tau)x(t-\tau_1)dt\right]d\tau_1. \tag{5}$$

Поскольку $R_{xx}(\tau-\tau_1)=\frac{1}{T}\int_0^T x(t-\tau_1)x(t-\tau)dt$

есть автокорреляционная функция сигнала $x(t)$, то выражение (5) представляется в виде

$$R_{xy}(\tau)=\int_0^\infty h(\tau_1)R_{xx}(\tau-\tau_1)d\tau_1. \tag{6}$$

Из соотношения (6) видно, что если R_{xx} входного сигнала есть дельта-функция, т.е. $R_{xx}(\tau-\tau_1)=\delta(\tau-\tau_1)$, то (6) принимает вид:

$$R_{xy}(\tau)=\int_0^\infty h(\tau_1)\delta(\tau-\tau_1)d\tau_1=h(\tau). \tag{7}$$

Сравнение выражений (7) и (2) позволяет сделать вывод, что взаимно-корреляционная функция $R_{xy}(\tau)$ представляет собой усредненную на интервале T хроматограмму $y(t)$.

Для выполнения соотношения (7) необходимо подбирать такие входные воздействия, автокорреляционная функция которых есть дельта-функция. К классу таких функций относится, например, псевдослучайная бинарная последовательность (ПСБП) [2]. Из-за периодического характера этих последовательностей для их генерации требуется весьма ограниченный объем памяти ЭВМ и небольшое машинное время, кроме того, такие последовательности легко реализуются с помощью регистров сдвига. Соотношения, определяющие ПСБП, приведены в таблице. Здесь D^m обозначает задержку на m интервалов, $\oplus$ обозначает сложение по модулю 2. Генератор ПСБП для m =7 на регистрах сдвига показан на рис. I, где, в соответствии с таблицей, выходы четвертого и седьмого элементов задержки складываются (по модулю 2) для получения x.

№	Уравнения, позволяющие сформировать последовательность
2	$(D^2 \oplus D)x \equiv x$
3	$(D^3 \oplus D)x \equiv x$
4	$(D^4 \oplus D^3)x \equiv x$
5	$(D^5 \oplus D^3)x \equiv x$
6	$(D^6 \oplus D^5)x \equiv x$
7	$(D^7 \oplus D^4)x \equiv x$
8	$(D^8 \oplus D^4 \oplus D^3 \oplus D^2)x \equiv x$
9	$(D^9 \oplus D^5)x \equiv x$
I0	$(D^{10} \oplus D^7)x \equiv x$
II	$(D^{11} \oplus D^9)x \equiv x$

ПСБП представляет собой последовательность из нулей и единиц (или I и - I), среднее число которых в последовательности из N $=2^m$ - I элементов примерно равно $N/2$. Более предпочтительной является последовательность, элементы которой равны I, - I, а не I и 0, с автокорреляционной функцией, представленной на рис. 2. Такие последовательности достаточно просто могут быть "сгенерированы" программным путем.

Экспериментальная проверка рассмотренного метода произведена на модельных сигналах. На микроЭВМ ДЗ-28 был смоделирован выходной сигнал хроматографа, определяемый соотношением

$$y(t)=\sum_{j=1}^{p}\sum_{i=1}^{n}\frac{\alpha_i}{\beta_i\sqrt{2\pi}}\,e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu_i-T_j}{\beta_i}\right)^2},$$

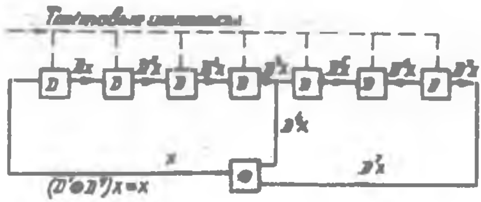
где $j=1,p$ – индекс инжекции;

$T^T=|T_1, \ldots, T_j, T_p|$ – вектор моментов инжекции;

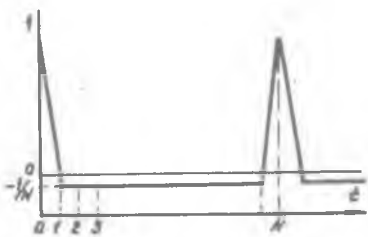
n – количество анализируемых компонентов вещества;

$\mu^T=|\mu_1,\ldots,\mu_i,\ldots\mu_n|$ – вектор времени удерживания;

α_i – параметры интенсивности.



Р и с. I. Семиразрядный регистр сдвига для получения ПСБП



Р и с. 2. Автокорреляционная функция

Р и с. 3. Исходная хроматограмма

Р и с. 4. Преобразованная хроматограмма

На сигнал был наложен нормально распределенный шум с заданным среднеквадратичным 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).

Литература

I. Dennis R Owens. Correlation-an aid to chromatography. Chem. Brit., 1972, 8, N11.

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 [I] 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 $z(t) = \{z_0(t), z_1(t), \ldots, z_K(t)\}$, как правило, предпочтительнее иметь дело с последовательностью $\varphi(t) = \{\varphi_0(t), \varphi_1(t), \ldots, \varphi_K(t)\}$ 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 $\varphi(t)$ 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 $\varphi(t)$.