

Л и т е р а т у р а

1. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. - М.: Наука, 1980. - 352 с.
2. Шумилов Б.М. Локальная аппроксимация сплайнами: формулы, точные на сплайнах. - Новосибирск: Семинар "Методы вычислительной и прикладной математики" под руководством академика Г.И.Марчука, 1981. -24с (Препринт /ВЦ СО АН СССР - 86).
3. Шумилов Б.М. Локальные однородно-минимальные формулы для сплайн-проекторов.-В кн.:Избранные вопросы вычислительной и прикладной математики. Барнаул, 1982, с.
4. *De Boor C. On uniform approximation by splines. J. Approximat. Theory, 1968, v.1, n2, 219-235.*

УДК 621.372.542

В.П.Сабило

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ
ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ АЛГОРИТМОМ
С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТЬЮ ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ

(г. Куйбышев)

Автоматизированная обработка измерительной информации на базе ЭВМ предъявляет повышенные требования к ее достоверности. Наиболее неблагоприятное влияние на достоверность оказывает присутствие в измерительной информации значительных по величине импульсных искажений (помех, сбоев), время появления которых носит, как правило, случайный характер. Фильтрация таких сбоев позволяет существенно повысить достоверность не только отдельных измерений, но и всей совокупности измерительной информации в целом.

В работе анализируется эффективность фильтрации одиночных сбоев полезного сигнала q , заданного в цифровой форме последовательностью своих z -х отчетов, широко используемым в практике измерений

алгоритмом с прямоугольной областью допустимых значений, описанным в работе [1]. При этом восстановление значений отчетов, получивших признак недостоверности, не производится.

Алгоритм работает в двух режимах: поиска сомнительного значения отсчета сигнала и проверки достоверности найденного сомнительного значения. В работе первого режима производится сравнение модулей первых разностей сигнала с порогом фильтрации $\Delta\varphi$. Например: если $|q(i) - q(i-1)| \leq \Delta\varphi$, то значение $q(i)$ получает признак достоверности. Если же модуль той же первой разности больше $\Delta\varphi$, то значение i -го отсчета считается сомнительным, и алгоритм переходит к работе во втором режиме - проверке достоверности сомнительного значения. Условие проверки записывается следующим образом:

1. $q(i), q(i+1), q(i+2)$ - считаются достоверными,

если $|q(i+1) - q(i)| \leq \Delta\varphi ;$
 $|q(i+2) - q(i)| \leq \Delta\varphi .$

2. $q(i)$ - считается недостоверным, если

$$|q(i+1) - q(i)| > \Delta\varphi .$$

3. $q(i), q(i+1)$ - считаются недостоверными, если

$$|q(i+1) - q(i)| \leq \Delta\varphi ;$$

$$|q(i+2) - q(i)| > \Delta\varphi .$$

При выполнении второго и третьего условий значения $q(i+1)$ и $q(i+2)$ отсчетов $i+1$ и $i+2$ соответственно считают сомнительными, они подлежат проверке на достоверность. В случае выполнения первого условия алгоритм переходит в режим поиска сомнительных значений отсчетов фильтруемого сигнала.

Для исключения ложных срабатываний алгоритма в отсутствие сбоев предполагается, что приращения полезного сигнала по модулю не превышают $1/2 \Delta\varphi$. Предполагается также, что искаженному независимым с импульсной помехой (сбоем) значению i_s -го отсчета сигнала должно предшествовать неискаженное достоверное значение $i_s - 1$ -го отсчета. Последнее ограничение выполняется, если интервалы следования сбоев составляют три и более неискаженных отсчета. Отсчеты $i_s - 1, i_s, i_s + 1, i_s + 2$ образуют участок фильтрации. Знаки первых разностей полезного сигнала q на участке фильтрации могут быть произвольные.

Результирующее значение искаженного отсчета сигнала S может с вероятностью P_k занять любой из уровней k шкалы изменения сигнала q , т.е. $P(S=k) = P(k)$; $k \in [0, K]$, где K - число уровней квантования по амплитуде шкалы сигнала q .

В качестве критериев эффективности алгоритма используются полная вероятность

$$\mathcal{E} = \sum_{m=0}^M P_m P(|\Delta(n_m)| \leq \Delta q), n_m = 0; 1 \quad (1)$$

и среднее количество достоверных отсчетов, получивших признак недостоверности и, следовательно, отфильтрованных,

$$N_{\Phi} = \sum_{m=0}^M P_m n_{\Phi m}, n_{\Phi m} = 0; 2, \quad (2)$$

где n_{Φ} - число искаженных сбоем отсчетов, получивших признак достоверности,

$\Delta(n_m)$ - ошибка, вносимая искаженным отсчетом с признаком достоверности,

Δq - допустимая погрешность приближения,

$n_{\Phi m}$ - число неискаженных сбоем отсчетов, получивших признак недостоверности,

M - число возможных с учетом специфики работы алгоритма событий, соответствующих совокупности различных комбинаций первых разностей сигнала на участке фильтрации. Должно образовывать полную группу событий,

P_m - вероятность появления одного из вышеупомянутых событий.

$P(|\Delta(n_m)| \leq \Delta q)$ - вероятность непревышения ошибкой, вносимой помехой, допустимой погрешности в таком событии (условная вероятность).

При фильтрации одиночных сбоев исследуемым алгоритмом число возможных событий равно пяти.

1. $S, q(i_s+1), q(i_s+2)$ - с признаком достоверности при

$$|S - q(i_s - 1)| \leq \Delta q; |q(i_s + 1) - S| \leq \Delta q; n_m = 1, n_{\Phi m} = 0.$$

2. $S, q(i_s+1), q(i_s+2)$ - с признаком достоверности при

$$|S - q(i_s - 1)| \leq \Delta q; |q(i_s + 1) - S| > \Delta q; n_m = 1, n_{\Phi m} = 0.$$

3. $S, q(i_s+1), q(i_s+2)$ - с признаком достоверности при

$$|S - q(i_s - 1)| > \Delta q; |q(i_s + 1) - S| \leq \Delta q; |q(i_s + 2) - S| \leq \Delta q; n_m = 1; n_{\Phi m} = 0.$$

4. S - с признаком недостоверности, $q(i_s+1), q(i_s+2)$ - с признаком достоверности при $|S - q(i_s - 1)| > \Delta\varphi$; $|q(i_s + 1) - S| > \Delta\varphi$;
 $n_m = 0, n_{\varphi m} = 0$.

5. $S, q(i_s+1), q(i_s+2)$ - с признаком недостоверности при $|S - q(i_s - 1)| > \Delta\varphi$; $|q(i_s + 1) - S| \leq \Delta\varphi$;
 $|q(i_s + 2) - S| > \Delta\varphi$; $n_m = 0, n_{\varphi m} = 2$.

Для определения P_m и $P(|\Delta(n_m)| \leq \Delta g)$ необходимо: найти область значений S , для которых возможно событие m ; выделить из найденной области подобласть значений S , удовлетворяющих условию $|\Delta(n_m)| \leq \Delta g$;

произвести суммирование P_k по выделенной подобласти.

Например, для первого события область значений S , удовлетворяющих записанным в первом пункте условиям, определится как

$$\Phi_1 = [q(i_s - 1) \pm \Delta\varphi] \wedge [q(i_s + 1) \pm \Delta\varphi].$$

Подобласть значений S , удовлетворяющих дополнительному условию $|S - q(i_s)| \leq \Delta g$, находится как пересечение Φ_1 и области $[q(i_s) \pm \Delta g]$.

$$D_1 = [q(i_s - 1) \pm \Delta\varphi] \wedge [q(i_s + 1) \pm \Delta\varphi] \wedge [q(i_s) \pm \Delta g].$$

Следовательно $P_1 P(|\Delta(n_1)| \leq \Delta g) = \sum_k P_k$.

Для четвертого события $\Phi_4 = [K - [q(i_s - 1) \pm \Delta\varphi]] \wedge [K - [q(i_s + 1) \pm \Delta\varphi]]$. Подобласть, удовлетворяющая дополнительному условию $|S - q(i_s)| < \Delta g$, соответствует Φ_4 , так как искаженный отсчет, получив признак недостоверности, отфильтровывается.

Следовательно $P(|\Delta(n_4)| \leq \Delta g) = 1$ и $P_4 P(|\Delta(n_4)| \leq \Delta g) = P_4 \sum_k P_k$.

Для получения N_φ необходимо, используя найденные значения Φ_m , вычислить P_m . Затем, подставив вычисленные значения P_m в выражение (2), получить искомую величину N_φ .

Нетрудно заметить, что на эффективность существенно влияет комбинация знаков первой разности полезного сигнала на участке фильтрации. Определение законов распределения возможных комбинаций первых разностей на практике встречает значительные математические трудности, поэтому нами анализ эффективности производился с использованием минимальных оценок, вычисление которых рассмотрено в [1].

Расчетные значения оценки эффективности снизу приведены в таблице. При этом полагалось $K = 511$, $\Delta\varphi = \Delta\varphi_d = 4$ и равномерное распределение искаженного значения по уровням квантования. Оценки эффективности сверху составили $\mathcal{E}_{max} = 1$, $N_{\varphi} = 0$.

Расчетные значения эффективности

Приращения полезного сигнала	\mathcal{E}_{min}	$N_{\varphi min}$
0,25 $\Delta\varphi$	1,000	0
0,5 $\Delta\varphi$	0,992	0,016

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

И. Сабило В.П., Семеной А.Ю. Фильтрация одиночных сбоев измерительной информации. Межвузовский сборник: Автоматизация экспериментальных исследований. - Куйбышев: КуАИ, 1982, с. 131-141.

УДК 681.3:621.391.26

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 [1]. Момент ввода пробы задается генератором псевдослучайного бинарного сигнала (ПБС), а сглаженная хроматограмма представляет со-