

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОДИНОЧНОГО ВИДЕОИМПУЛЬСА**

Венедиктов А.З., Пальчик О.В.

ООО «Агроэл»  
391013, г. Рязань, Михайловское шоссе, 8-а, а/я 61  
E-mail: agroel@agroel.cttc-ryazan.ru; oleg\_palchik@mail.ru

**Реферат.** Анализируется устойчивость известного метода нахождения положения одиночного видеоимпульса в условиях наличия импульсных помех-глитч, которые часто имеют место в аналого-цифровых устройствах обработки. Предлагается вариант параметрической оптимизации метода, основанный на модификации преобразующей последовательности, который дает возможность получить выигрыш в величине дисперсии оценки положения импульса и статистической устойчивости метода.

В радиотехнических задачах часто появляется необходимость оценивания положения одиночного видеоимпульса в пределах ограниченного временного диапазона представленного  $N$  отсчетами. Однако на практике всегда имеет место наличие мешающих факторов, например, импульсных помех-глитч очень короткой длительности с амплитудой, которая может быть сопоставима с амплитудой  $A$  импульса или даже превышать ее.

Эффективное оценивание положения полезного импульса возможно с использованием т.н. корреляционного приемника. Отсутствие априорных данных о форме импульса затрудняет практическую реализацию такого подхода, поэтому получили распространение неоптимальные методы, которые, однако, при наличии импульсных помех оказываются практически неэффективными.

В данной работе предлагается использование известного метода нахождения энергетического центра импульса [1], который позволяет достичь наименьшего смещения и дисперсии среди большинства практических неоптимальных методов и который характеризуется инвариантностью к форме и ширине импульса. Рассмотрим частный случай, когда на массив данных приходится один выброс помехи  $p$  с положением  $j_g$  минимальной длительности, т.е.  $p[j] = \delta[j-j_g]$ . Массив  $s = \{s[j]\}$  данных представляет собой аддитивную смесь  $s = x + p$ , где  $x$  – импульс в виде гауссианы с модой  $M$  и параметром ширины  $L$ :

$$x[j] = A \cdot \exp\left(-\frac{(j - M)^2}{L^2}\right),$$

где  $j = 0 \dots N-1$ . Метод [1] основан на вычислении циклической свертки

$$v[j] = \sum_{g=0}^{N-1} g \cdot s[(g + j) \bmod N]. \tag{1}$$

и выделении из полученного массива  $v = \{v[j]\}$  информации о положении импульса по переходу кривой  $v$  ее среднего уровня «снизу-вверх».

На рис. 1 показана свертка (1) нормированного сигнала  $s$  при  $M = 3N/4$ . Помеха окажет влияние только при попадании перепада свертки, вызванного помехой, на средний уровень. Это будет наблюдаться при условии  $j_g = M \pm N/2$ . Как видно из рис. 1, положение помехи может варьироваться в пределах  $\xi$  попадая, тем не менее, в зону возможного сбоя, т.е. в участок шириной  $\xi$  вокруг  $j_g = M \pm N/2$ .

Полная вероятность попадания помехи в зону сбоя является функцией амплитуды и ширины импульса:  $P(A, L) = \xi(A, L) \cdot (P_1/N)$ , где  $P_1$  – вероятность наблюдения помехи. Для иллюстрации полной вероятности сбоя зададим:  $P_1 = 10^{-6}$ ,  $A = 50 \dots 250$ ,  $L = 1 \cdot 10^2 \dots 5 \cdot 10^2$ , амплитуда помехи равна 250. Зависимость  $\xi(A, L)$  показана на рис. 2.

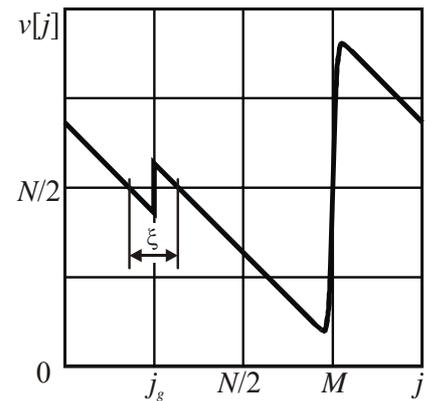


Рис. 1

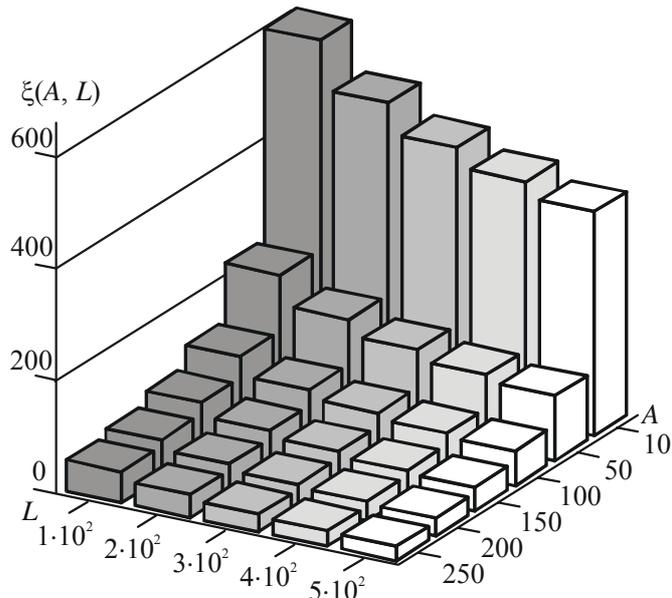


Рис. 2

С учетом заданной вероятности  $P_1$  были построены характеристики  $P(A)$  и  $P(L)$  (рис. 3-4 соответственно), т.е. при фиксированном втором параметре  $L$  и  $A$  соответственно.

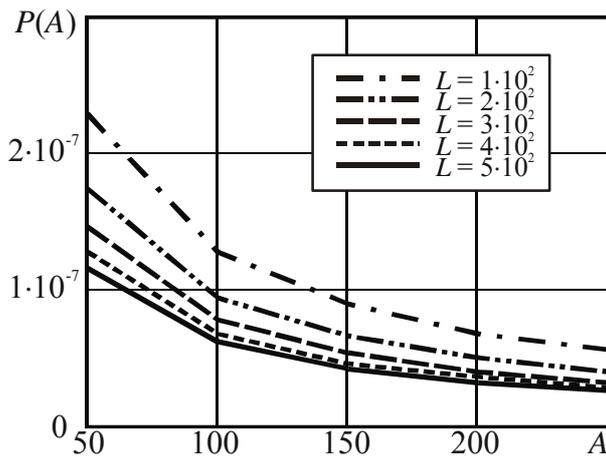


Рис. 3

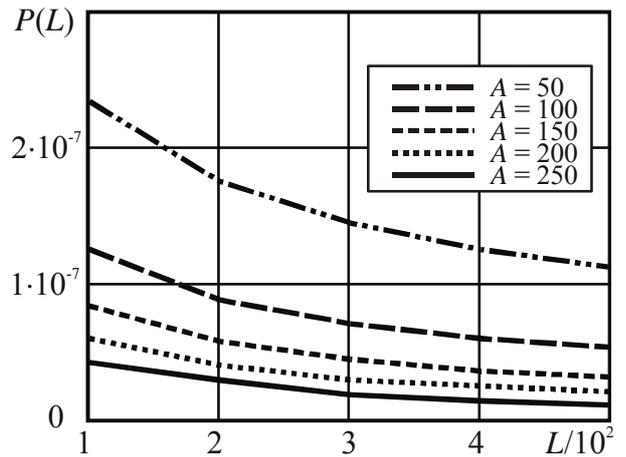


Рис. 4

Для улучшения качества оценки по косвенному методу представляется возможным оптимизировать преобразующую последовательность  $g = \{g[j]\}$  (исходно  $g = \{0, 1, \dots, N-1\}$ ). Формально, критерием при выборе  $g$  является крутизна свертки (1) в окрестности точки с координатой  $M$ , т.к. с увеличением крутизны снижается дисперсия косвенной оценки.

Последовательность  $g$  является нечетной относительно координаты  $N/2$  без учета постоянной составляющей. Поэтому круг функций  $g[j]$  ограничивается функциями, непрерывными на участке  $[0; N/2]$  и равными 0 (или  $N/2$  с учетом постоянной составляющей) в точке  $j = N/2$ . Последнее условие означает непрерывность функции  $g[j]$ , что обеспечивает только один переход «снизу-вверх» сверткой (1) среднего уровня.

В качестве  $g$  в интервале  $j = 0 \dots N/2-1$  можно принять гладкую степенную функцию, имеющую параметр формы  $h$

$$g[j] = \frac{N}{2} \sqrt[h]{1 - \frac{2j}{N}},$$

где  $h$  – натуральное число и  $h \neq 0$ . Параметр  $h$  определяет крутизну последовательности  $g$  вблизи точки с координатой  $M$ . Варьируя параметром  $h$ , кривой  $g$  можно придавать формы от линейной до прямоугольной (при  $h > 50$ ). В диапазоне  $j = N/2 \dots N-1$   $g$  получается как  $g[j] = -g[N-1-j]$ .

На рис. 5 приведены последовательности  $g$  для различных значений  $h$ , а на рис. 6 соответствующие свертки (1) с гауссовым импульсом при  $M = N/2$ . Как нетрудно видеть из рис. 6, с увеличением  $h$  увеличивается крутизна свертки  $v$  в окрестности  $j = M$ . Численное моделирование показало, что уже небольшое увеличение крутизны последовательности  $g$  ( $h = 2 \dots 5$ ) дает возможность получить выигрыш в

величине СКО до 3 %. В то же время наблюдается увеличение выигрыша с ростом ширины импульса, что обусловлено малой крутизной широкого импульса при исходной последовательности  $g$  ( $h = 1$ ).

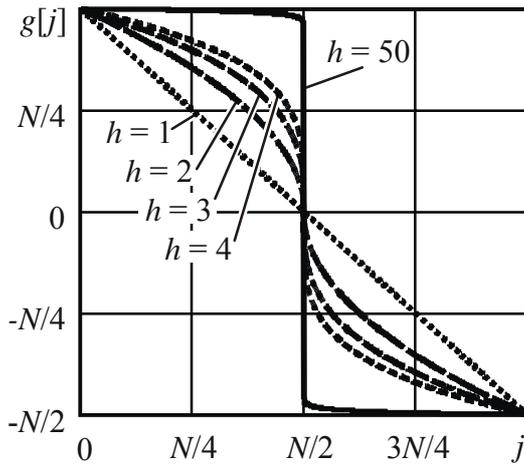


Рис. 5

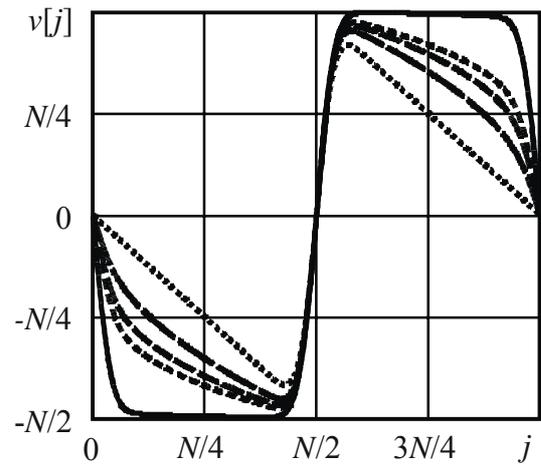


Рис. 6

Из рис. 6 можно отметить, что при  $h > 20$  экстремумы свертки  $v$  максимально отдаляются от среднего уровня. Моделирование показало, что зависимость ширины зоны сбоя от ширины  $L$  импульса меньше чем зависимость от амплитуды  $A$  и для случая  $h = 50$  практически отсутствует. В числовом выражении, ширина зоны сбоя (и соответственно вероятность сбоя) может быть уменьшена до 40 раз при использовании прямоугольной последовательности  $g$  ( $h > 50$ ).

Таким образом, проведенный анализ известного метода [1] оценки положения одиночного видео импульса, характеризующегося инвариантностью к форме импульса и сравнительно низкой величиной дисперсии оценки, показывает эффективность данного метода при наличии импульсных помех. Построенные вероятностные характеристики иллюстрируют значительное превосходство метода [1] над прочими неоптимальными методами при обработке смеси  $s = x + p$  с белым шумом, в силу пренебрежительно малой величины вероятности сбоя (нарушения предпосылок реализации алгоритма метода) для большинства практических задач, а проведенная параметрическая оптимизация дает возможность дополнительно снизить вероятность сбоя до 40 раз. Также следует отметить некоторое уменьшение дисперсии оценки, достигнутое при использовании нелинейных преобразующих последовательностей  $g$  (параметр формы импульса  $h = 2 \dots 5$ ).

### Литература

1. Пальчик О.В., Андреев В.Г. Обработка данных триангуляционного измерителя // Цифровая обработка сигналов и ее применения: Материалы докладов VI Международной конференции. – Москва, 2004. – Т. II. – С. 197-200.

