

# ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИЭЛАЙМЕНТА В ФИЛЬТРАЦИИ РЕЧЕВЫХ И ДРУГИХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ПРЕОБРАЗОВАННЫХ В ИЗОБРАЖЕНИЕ

Крашенинников В.Р., Калинов Д.В.

432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, E. mail vkk@ulstu.ru

Многие сигналы, в частности, речевые сигналы (РС), состоят из квазипериодических (КП) отрезков. На рис.1 представлен график записи звука «а», разбитый на КП. Свойство КП сигналов может быть использовано для улучшения их фильтрации [1-4]. Для этого сигнал преобразуется в изображение, в котором  $i$ -я строка есть  $i$ -й КП сигнала. В результате получается изображение, которое будем называть портретом сигнала (ПС). На рис.2 представлены портреты звука «а». При этом большим значениям сигнала соответствуют большие яркости в ПС.

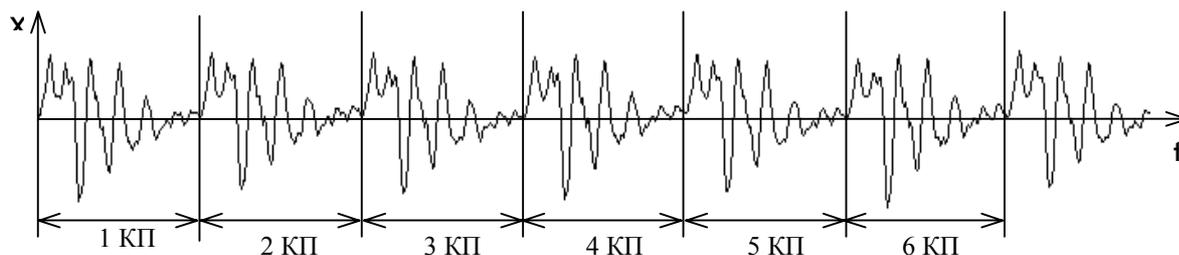


Рис. 1. График записи звука «а».

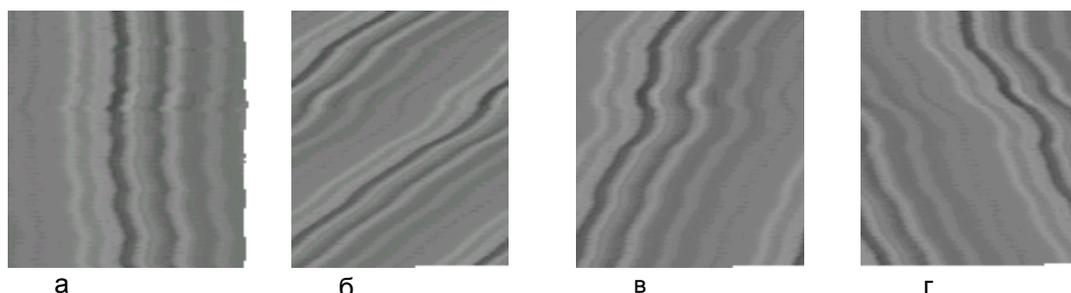


Рис. 2. Портреты звука «а».

Элементы столбцов ПС соответствуют элементам РС, отстоящим на квазипериод. Поэтому в ПС, кроме внутрисклонной корреляции, будет и межстрочная. На изображении межстрочная коррелированность проявляется в виде вертикальных полос приблизительно постоянной яркости. Чем эти полосы прямее, тем выше средний коэффициент межстрочной корреляции. Наличие межстрочной корреляции дает возможность применять методы фильтрации изображений к фильтрации РС. После фильтрации ПС разворачивается в последовательность, которая и есть отфильтрованный РС.

Для получения ПС применялись два метода: корреляционный (рис.2.а) и разбиение на отрезки одинаковой длины (рис.2.б–г получены при разбиении РС на отрезки длины 98, 100 и 102 соответственно). Второй метод гораздо проще, но дает ПС низкого качества. Характерно, что рис.2.а имеет неровный правый край, так как длина квазипериодов может быть непостоянной.

Из-за вариации КП сигналов полосы на ПС не строго вертикальны, т.е. элементы столбца отстоят не точно на КП, поэтому межстрочная корреляция ПС уменьшается, что снижает эффективность фильтрации изображения. Особенно это относится к ПС, полученным разбиением на отрезки одинаковой длины (рис.2. б–г).

Для повышения эффективности фильтрации целесообразно предварительное выравнивание ПС, т.е. перемещение элементов строк, при котором соседние элементы столбца ПС отстоят на КП. Визуально это будет означать спрямление вертикальных полос на ПС.

Предлагается для такого выравнивания применить мультиэлаймент (МЭ), т.е. нахождение соответствия между отрезками соседних строк.

Процедура поиска соответствий между соседними строками сводится к следующему. Для двух отрезков в  $(i-1)$ -й и  $i$ -й строке ПС находится коэффициент корреляции. При сравнении отрезков в  $(i-1)$ -й строке «пробегают» всю строку и находится значение  $j^*$ , при котором коэффициент корреляции максимален. Тогда полагаем, что первый отрезок в  $i$ -й строке соответствует отрезку в  $(i-1)$ -й строке с координатой  $j^*$ . Такое соответствие определяется для всех отрезков  $i$ -й строки (рис.3). Аналогичным образом находят соответствия между остальными строками изображения.

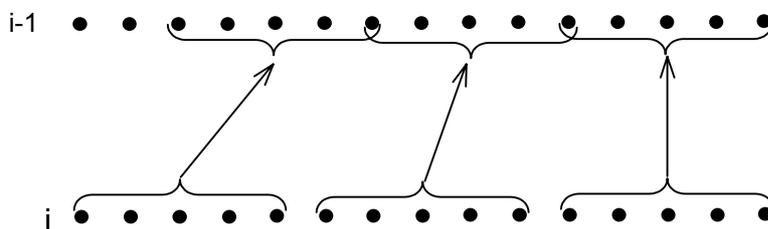


Рис. 3. Соответствие между отрезками  $i$ -й строки и отрезками  $(i-1)$ -й строки.

Для фильтрации выровненного ПС применялся адаптивный аппроксимированный фильтр Калмана. На рис.4 представлены результаты фильтрации фразы «Я готов работать». Частота квантования РС составляла 11025 Гц. Оцифрованная запись РС искажалась аддитивным белым шумом и фильтровалась с использованием различных способов формирования ПС и выравнивания.

Применение корреляционного метода разбиения дает отношение шум/сигнал (ОШС) после фильтрации на 4–20 процентов меньшее (по СКО), чем разбиение на одинаковые отрезки (рис.4.а). Применение МЭ к ПС из одинаковых по длине отрезков РС, повышает эффективность фильтрации на 10-30 процентов (рис.4.б). Применение МЭ к ПС, полученным корреляционным методом, эффективность фильтрации практически не повышает (рис.4.в).

Таким образом, разбиение РС на отрезки одинаковой длины в комбинации с МЭ по эффективности дальнейшей фильтрации практически не уступает корреляционному методу формирования ПС: в широком диапазоне ОШС (0,5 – 3 по СКО) разница составляла 1–3 процента. Поэтому, когда требуется минимизировать вычислительные затраты, можно применять разбиение на равные отрезки в комбинации с МЭ.

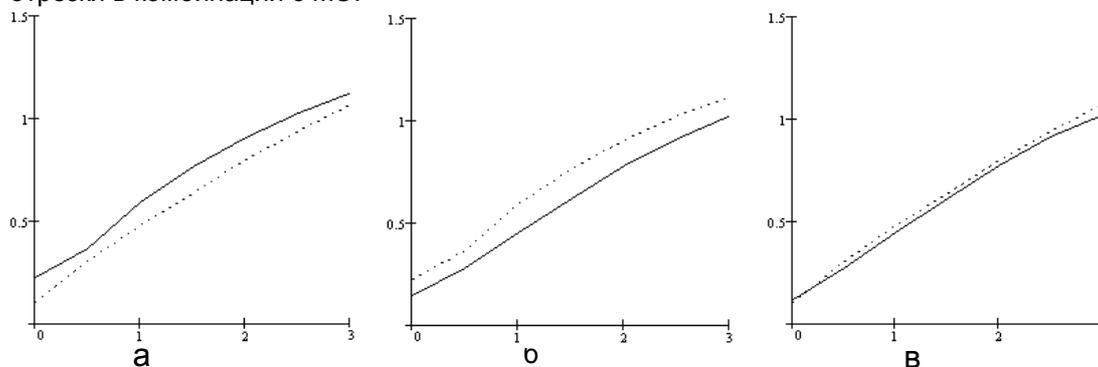


Рис.4. Зависимость ОШС после фильтрации от ОШС до фильтрации: а) сплошная – разбиение на одинаковые отрезки, пунктир – корреляционный метод; б) сплошная – разбиение на одинаковые отрезки с МЭ, пунктир – разбиение на одинаковые отрезки без МЭ; в) сплошная – корреляционный метод с МЭ, пунктир – корреляционный метод без МЭ.

## Литература

1. Крашенинников И.В. Периодическое комплексирование речевых сигналов в изображении// Труды Международной конференции «Методы и средства преобразования и обработки аналоговой информации». – Ульяновск: УлГТУ, 1999, т.3, с. 56–58.
2. Крашенинников И.В. Адаптивная фильтрация речевых сигналов, комплексированных в изображении// Тез. докл. Всеросс. научно-практ. конф. с участ. стран СНГ «Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем». – Ульяновск: УлГТУ, 1999, с. 8-9.
3. Калинов Д.В. Фильтрация речевых сигналов при различных способах представления сигнала в изображении и различных развертках изображения// Тезисы докладов XXXV науч.-техн. конф. УлГТУ «Вузовская наука в современных условиях». – Ульяновск, 2001, ч.2, с. 44-45.
4. Калинов Д.В., Крашенинников В.Р., Панкратов Ю.Г. Фильтрация речевых сигналов// Труды Ульяновского научного центра «Ноосферные знания и технологии» РАЕН. – Ульяновск, 2001, т.3, выпуск 1, с. 76-78.



### MULTIALIGNMENT IN FILTERING OF SPEECH AND OTHER QUASI-PERIODIC SIGNALS TRANSFORMED INTO IMAGES

Krasheninnikov V., Kalinov D.

It is possible to use methods of image processing in quasi-periodic signals filtering. For this purpose every quasi-period of a signal is represented as a row of an image (fig. 1.a). The scan of filtered image is the result of processing. A column of the image consists of signal elements equally located in their quasi-periods. Thus there is high vertical correlation of the image (vertical strips in fig. 1.a). It gives the opportunity to improve the accuracy of filtration relative to usual sequential filtering.

Because of quasi-period duration variation rows of the image have different length and right edge of the image in fig. 1.a is not straight what disturbs the processing. Beside of this, errors in the division of the signal into quasi-periods decrease vertical image correlation and accuracy of filtration makes worse. For example, the division of a signal into equal intervals gives images like in fig. 1.b-d, where strips are oblique and very wavy. But it is very easy to form such images.

To improve the filtering of images of signals (especially incorrectly formed like in fig. 1.b-d) the method of multialignment is used. It gives the possibility to find the correspondence between the elements of different rows equally located in their quasi-periods. The correspondence is taken into account in filtering. It almost equivalent to image alignment – oblique strips become more straight and vertical. The procedure of multialignment is much simpler than precise signal division into quasi-periods.

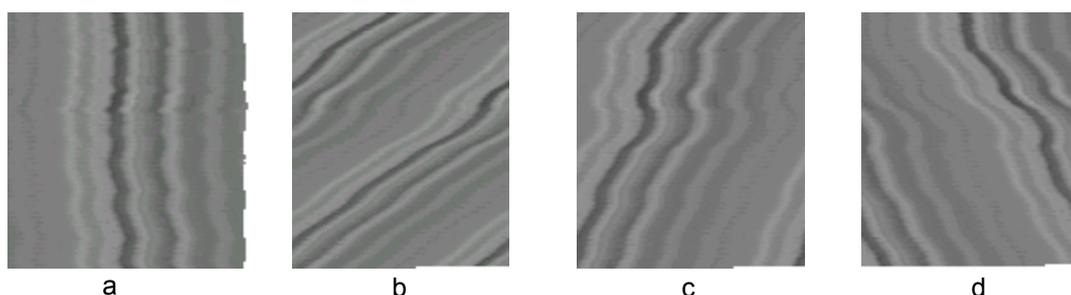


Fig. 1. Images of sound «ah».

The adaptive pseudo-gradient approximated Kalman filter was used for filtering of images. The parameters of this filter are controlled using stochastic approximation according to prediction error.

The stochastic simulation shows that the efficiency of signal filtration with multialignment is only 1-3% lower than with precise signal division into quasi-periods.