РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ГРАНИЧНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ И СЖАТИЯ ШУМА ИЗ СИГНАЛА

Ахмедов Эргаш Юлдошевич
Преподаватель кафедры «Информационные технологии» Ургенчского филиала Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал Хорезмий
ergash7905@gmail.com
Аметов Шерзод Бахтиёрович
Студент 4-го курса, факультета Компьютер инжиниринга, Ургенчского филиала Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал Хорезмий

Аннотация: Представлены методика и результаты синтеза алгоритма цифровой фильтрации, оптимальной по критерию минимума длительности отклика фильтра (максимального временного сжатия сигнала), при аддитивном гауссовом случайном входном воздействии. Проведена сравнительная оценка результатов цифровой обработки различных сигналов по алгоритмам оптимального временного сжатия, максимального временного сжатия и согласованной фильтрации.

Ключевые слова: оптимальная фильтрация, цифровая обработка сигналов, КИХ-фильтры, временное сжатие сигналов.

Abstract: The methods and results of the synthesis of the digital filtering algorithm, optimal by the criterion of minimum filter response duration (maximum time compression of the signal), with additive Gaussian random input action are presented. A comparative assessment of the results of digital processing of various signals by the algorithms of optimal time compression, maximum time compression and matched filtering is carried out.

Keywords: optimal filtering, digital signal processing, FIR filters, time compression of signals.

Annotatsiya: raqamli filtrlash algoritmini sintez qilish texnikasi va natijalari, filtrning minimal javob davomiyligi (signalning maksimal vaqtinchalik siqilishi) mezoni bo'yicha optimal, qo'shimcha Gauss tasodifiy kirish ta'siri bilan taqdim etiladi. Optimal vaqtni siqish, maksimal vaqtni siqish va izchil filtrlash algoritmlari bo'yicha turli xil signallarni raqamli qayta ishlash natijalarini qiyosiy baholash amalga oshirildi.

Kalit so'zlar: optimal filtrlash, raqamli signallarni qayta ishlash, fir filtrlari, signallarni vaqtincha siqish.

Введение

ISSN 3030-3907

Рассмотренные в работе [1] фильтры максимального сжатия (ФМС) обеспечивают минимум длительности отклика в идеальных условиях, т.е. при отсутствии шумового воздействия на входе устройства обработки. В реальных условиях функционирования радиотехнических систем прием сигналов осуществляется при аддитивном мешающем воздействии различной природы: наличии внутренних шумов радиоприемного устройства, флюктуаций параметров среды распространения сигналов, индустриальных помех и т. д. При этом структура и параметры устройств обработки, полученные в результате стохастического синтеза по критерию минимума длительности отклика и приведенные в исследование не будут являться оптимальными. Таким образом, представляет интерес аналитическое решение задачи синтеза фильтров, обеспечивающих минимум длительности выходного сигнала с учетом шумового воздействия, которые далее будем называть фильтрами оптимального сжатия (ФОС).

Литературный обзор

Очистка и сжатие шума из сигналов является одной из ключевых задач в различных областях, таких как медицина, телекоммуникации, обработка изображений и звука. Основная цель заключается в минимизации влияния шумов на качество данных при сохранении их информативности. Одним из важнейших этапов этой задачи является выбор оптимального граничного значения (порога), которое отделяет полезный сигнал от шума. В литературе предложено множество подходов к решению данной проблемы, включая традиционные методы фильтрации, современные алгоритмы машинного обучения и гибридные решения.

Традиционные методы фильтрации остаются основой для удаления шумов из сигналов. Они основаны на математических преобразованиях и статистических подходах. Например, в работе Садыкова С.С. и др. [2] описываются методы выделения признаков в системах технического зрения, которые могут быть адаптированы для анализа сигналов. К таким методам относятся:

Гауссовский фильтр применяется для сглаживания сигналов и удаления случайных шумов. Он основан на применении гауссовой функции для вычисления весов соседних точек сигнала [3]. Однако гауссовский фильтр может размывать резкие переходы и детали сигнала, что снижает его эффективность в задачах с высокими требованиями к точности.

Медианная фильтрация заменяет значение каждого элемента сигнала медианой значений в его окрестности. Этот метод особенно эффективен для

ISSN 3030-3907

удаления импульсных шумов [4]. Тем не менее, выбор размера окна фильтра требует тщательной настройки, что увеличивает временные затраты.

Пороговая фильтрация используется для разделения сигнала и шума на основе заданного граничного значения. Например, в работе Середы С.Н. [5] предложен квазиоптимальный алгоритм устранения шума на маммограммах с использованием пороговых методов. Однако такие подходы могут быть чувствительны к выбору порога, который часто зависит от характеристик конкретного сигнала.

Фурье-преобразование для анализа частотных характеристик сигнала позволяет выделить и удалить шумы, сосредоточенные в определенных частотных диапазонах. Однако этот метод плохо справляется с локализованными шумами и артефактами [6].

Методология

В биологических тканях сосуды и волокна представляют собой объекты с комплексной геометрией, которые имеют различную интенсивность оттенков серого, что усложняет точное измерение их геометрических и оптических параметров. Поэтому автоматическое выделение и классификация этих структур играют важную роль в решении подобных задач.

Будем использовать модель входного мешающего воздействия в виде вектора-столбца случайных некоррелированных отсчетов, распределенных по нормальному закону – так называемого дискретного белого гауссовского шума обеспечивает участие всех отсчетов сигнала в формировании отклика, при этом его размерность (дискретная "длительность") будет равна 2rs.

Размерность вектора-столбца шумового воздействия определим с учетом следующих обстоятельств:

– шум начинает действовать заблаговременно, таким образом, чтобы к началу появления отклика полезного сигнала (точка А на рис. 1) выходная шумовая составляющая фильтра уже была установившейся;шум прекращает действовать одновременно с окончанием сигнальной

ISSN 3030-3907

составляющей отклика фильтра (точка В).Как видно из рис. 1, в этом случае размерность входного шума должна составлять

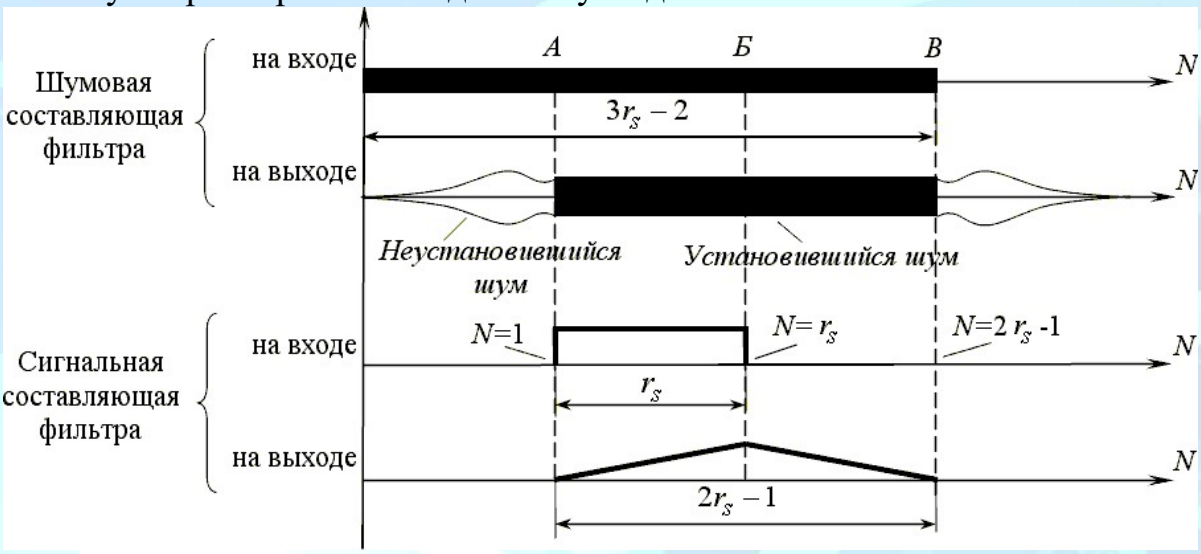


Рис. 1. Временные диаграммы, к объяснению понятия установившийся шум.

Найдем импульсную характеристику h фильтра, доставляющую минимум функционала. Для этого отыщем его частную производную по h и приравняем ее к нулевому вектору. В результате получим: том, что отношение сигнал/шум определяет степень близости. Фильтр оптимального сжатия с импульсной характеристикой вида является устройством цифровой обработки, обеспечивающим максимальное временное сжатие при произвольном входном отношении сигнал/шум.

Рассмотрим результаты численных расчетов в среде Matlab нормированных огибающих сигнальных составляющих откликов фильтра оптимального сжатия на прямоугольный ра- диоимпульс (рис. 2,а), радиоимпульс с линейной частотной модуляцией (для величины базы ЛЧМ b=8) и прямоугольной огибающей (рис. 2,б), радиоимпульс с гауссовой огибающей (рис. 2,в), радиоимпульс с линейной частотной модуляцией (b=8) и гауссовой огибающей (рис. 2, г). На этих же рисунках для сравнения приведены нормированные огибающие сигнальных составляющих входных воздействий (помечены точками) и откликов в случае обработки сигналов в СФ (пунктир) и ФМС (помечены крестиками). Данные результаты получены для входного отношения сигнал/шум, равного 30 дБ и размерности входного сигнала rs.

Как видно из представленных графиков, по параметру, характеризующему длительность отклика, ФОС занимает промежуточное положение по отношению к СФ и ФМИ известно, что максимальное временное сжатие сигнала в ФМС достигается за счет существенного

ISSN 3030-3907

ухудшения отношения сигнал/шум на выходе фильтра. В ряде случаев это отношение существенно уменьшается даже по сравнению с входным отношением сигнал/шум. Данное свойство ФМС убедительно иллюстрируется полным откликом фильтра, представляющим собой сумму сигнальной и шумовой составляющих (на рис. 3 график, помеченный крестками). Реализации, представленные на рисунке, получены при входном воздействии радиоим пульса с гауссовой огибающей для отношения сигнал/шум на входе СФ, ФМС и ФОС, равного 30 дБ.

Анализ результатов показывает, что оптимальная обработка сигнала в ФОС имеет существенные преимущества в выходном отношении сигнал/шум по сравнению с алгоритмом максимального сжатия. Как видно из рис. 4, для радиоимпульса с гауссовой огибающей в центральной точке отклика потери в отношении сигнал/шум в ФОС по сравнению с СФ составили ≈6 дБ, в то время как в ФМС они более 40 дБ.

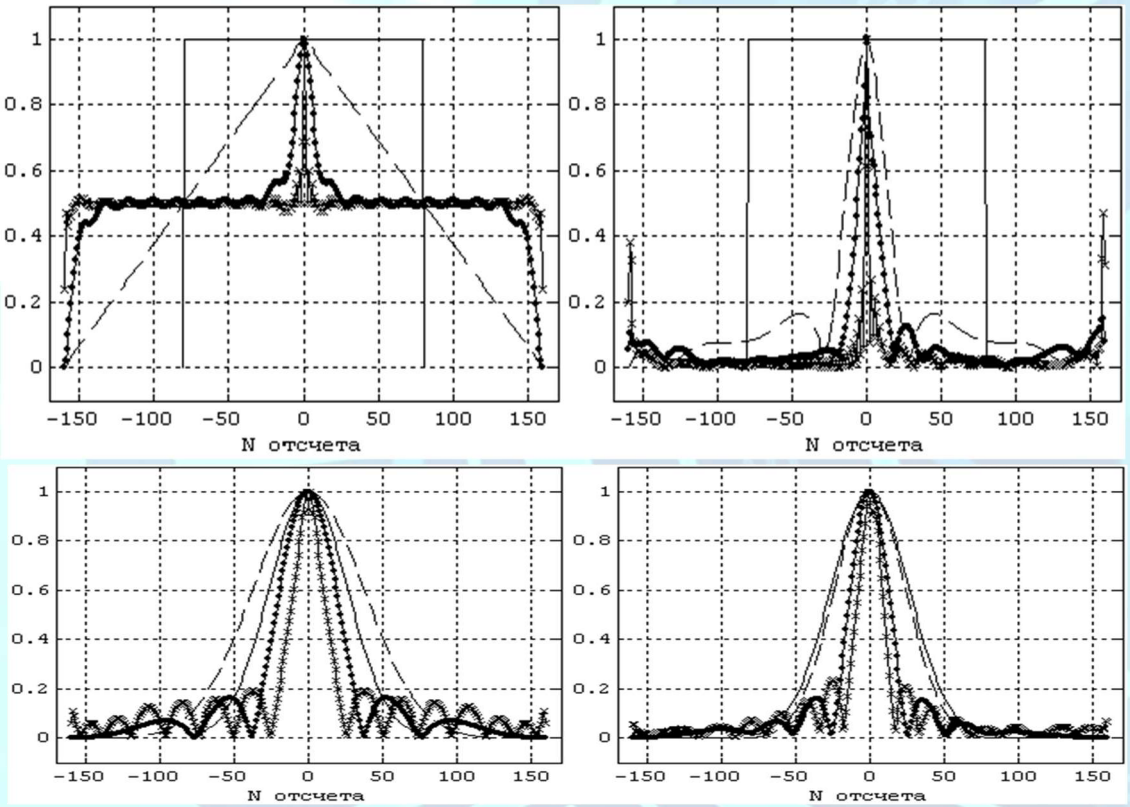


Рис. 2. Нормированные огибающие сигнальных составляющих откликов ФОС (помечены точками), СФ (пунктир) и ФМС (помечены крестиками) при следующих входных воздействиях (сплошные линии): а - прямоугольный радиоимпульс; б-прямоугольный радиоимпульс с ЛЧМ (b=8); в-радиоимпульс с гауссовой огибающей; г- радиоимпульс с гауссовой огибающей и ЛЧМ (b=8)

ISSN 3030-3907

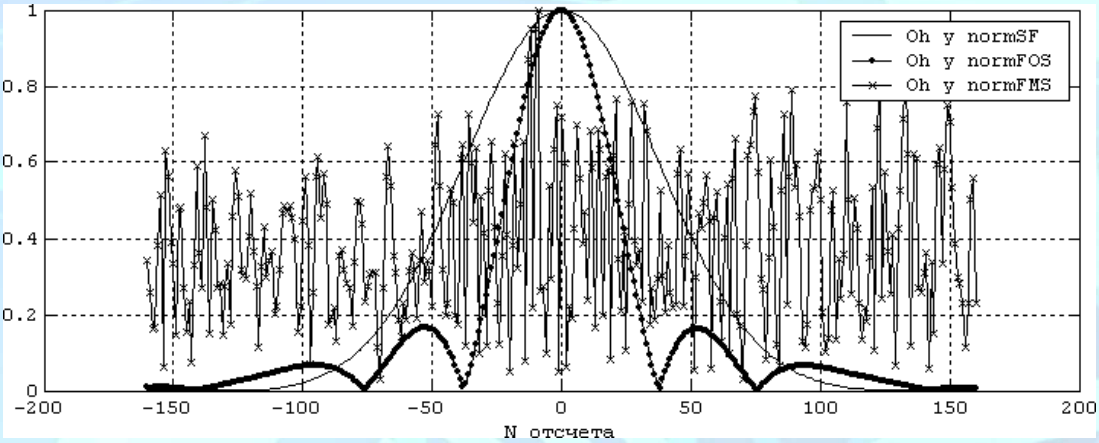


Рис. 3. Нормированные реализации откликов СФ (сплошная линия), ФОС (помечена точками) и ФМС (помечена крестиками) при входном воздействии радиоимпульса с гауссовой огибающей

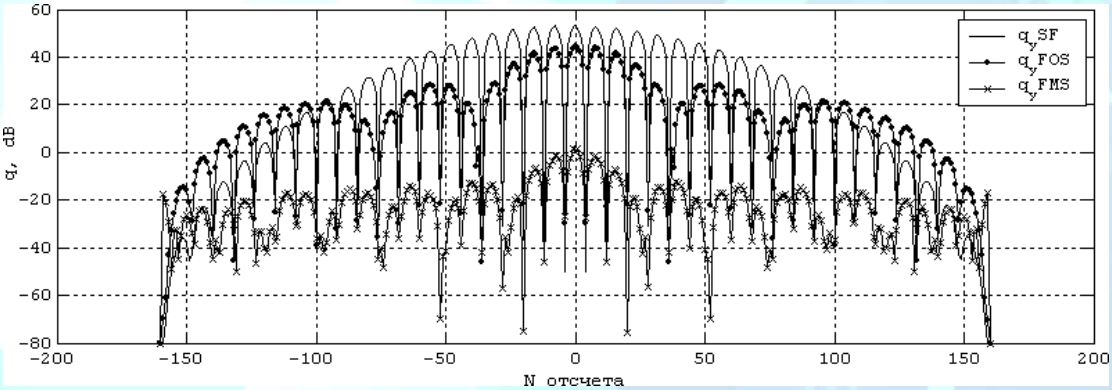


Рис. 4. Мгновенное отношение сигнал/шум на выходе СФ (сплошная линия), ФОС (помечена точками) и ФМС (помечена крестиками) при входном воздействии радиоимпульса с гауссовой огибающей

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют говорить о существенном улучшении способностей ФОС по сжатию радиоимпульсов по сравнению с согласованной фильтрацией без значительного ухудшения отношения сигнал/шум. Это обеспечивает хорошую перспективу использования ФОС в каналах обработки сигнала радиоприемных устройств различного назначения.

Отметим, что оптимальное сжатие сигналов в цифровых устройствах обеспечивается без какой-либо аппаратурной доработки каналов приема, т.е. исключительно за счет совершенствования алгоритмов цифровой фильтрации. При этом существенно улучшается разрешающая способность по дальности, что может в определенных ситуациях являться решающим фактором увеличения эффективности боевого применения радиотехнической системы в целом.

ISSN 3030-3907

Оценивание шума – отношение эффективного значения шума к СКО сигнала. Параметры сигнала следующие: N = 150, p = 12, d = 12, n = 12, q=100, где N–число отсчетов; p– порядок аппроксимирующей модели; d – разрядность АЦП; n–число периодов сигнала; q–отношение сигнал/шум.

Разработаны варианты хранения информации, предусматривающие хранение 12 значений параметров трех информативных составляющих, по которым происходит полное восстановление сигнала с обеспечением коэффициента сжатия N/12. Так, в случае обработки 1200 отсчетов коэффициент сжатия составит 100 при погрешности восстановления около 0,3%. При обработке большего объема данных коэффициент сжатия достигает 1000 и более.

Более удобный формат хранения с точки зрения простоты обработки на приемной стороне обеспечивает меньший (в два раза) коэффициент сжатия, однако позволяет обеспечить более точное восстановление информации (погрешность восстановления может достигать 0,02 %). Применение такого формата предусматривает передачу только коэффициентов регрессии с последующим вычислением параметров сигнала на приемной стороне.

Восстановление сигнала, зашумленного гауссовым шумом с отношением сигнал/шум не менее 100, с погрешностью 0,01 % возможно при соблюдении следующих условий: использование АЦП с количеством разрядов 12 и более, обработка как минимум 4p отсчетов, с учетом завышенного порядка, вдвое большего предполагаемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапука О.Г., Вестник Военной академии Республики Беларусь. 2007. №2. с. 97–103.
2. Садыков С.С., Стулов Н.Н., Методы и алгоритмы выделения признаков в системах технического зрения, М., Горячая линия, Телеком, 2005.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учеб. для вузов. СПб., 2006.
4. Кей, С. М., Современные методы спектрального анализа: Обзор, ТИИЭР.,1981. № 11.
5. Мясникова, М. Г., Оценивание погрешности метода Прони в измерительных задачах, Современные проблемы оптимизации в инженерных приложениях: сб. тр. Первой Междунар. науч.-техн. конф. Ярославль, 2005.

ISSN 3030-3907

6. Цыпин, Б. В., Измерение параметров гармонического сигнала в шумах, Информационно-измерительная техника: тр. ун-та., Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006., Вып. 30.

ISSN 3030-3907