

**А. В. ИВАШКО**, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;  
**К. Н. ЯЦЕНКО**, студент НТУ «ХПИ»

## **РЕАЛИЗАЦИЯ МЕДИАННЫХ И КВАЗИМЕДИАННЫХ ФИЛЬТРОВ НА ЦИФРОВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРАХ**

В статье рассмотрена программная реализация медианных и квазимедианных фильтров на языке ассемблера сигнальных процессоров TMS320C24xx и ADSP – 218x. Исследовано быстродействие программ, реализующих базовые алгоритмы данных видов фильтрации.

**Ключевые слова:** медианные фильтры, квазимедианные фильтры, сигнальные процессоры.

**Введение.** В настоящее время ставшие классическими методы линейной фильтрации нашли широкое применение в различных областях науки и техники. В то же время использование теории линейной фильтрации не позволяет получить приемлемое решение в ряде практически важных приложений. В таких случаях оптимальное решение следует искать в классе нелинейных фильтров.

Медианная фильтрация является методом нелинейной обработки сигналов, часто применяемым на практике как средство предварительной обработки цифровых данных, изображений. Она имеет следующие основные преимущества: медианная фильтрация сохраняет резкие перепады, тогда как линейная низкочастотная фильтрация смазывает такие перепады; медианные фильтры очень эффективны при сглаживании импульсного шума [1].

Эффективность выполнения алгоритмов медианной фильтрации во многом зависит от выбора аппаратных средств на которых они реализуются. Предлагается программная реализация алгоритмов медианной фильтрации на языке ассемблера сигнальных процессоров TMS320C24xx и ADSP – 218x [2].

**Анализ литературы.** В литературе описаны различные алгоритмы медианной фильтрации. Медианный фильтр представляет собой оконный фильтр, последовательно скользящий по массиву сигнала, и возвращающий на каждом шаге один из элементов, попавших в «окно» (апертуру) фильтра. Фильтрация реализуется в виде процедуры локальной обработки отсчетов в скользящем окне, которое включает определенное число отсчетов сигнала. Выделяют несколько алгоритмов поиска медианы отсчетов сигнала попавших в окно фильтра: вычисление медианы на основе сортирующей цепи, гистограммный метод, поиск медианы на основе древовидных псевдомедианных фильтров.

Наиболее распространенными являются схемы, включающие линейку из  $N$  элементов задержки и блок вычисления медианы на основе сортирующей цепи (СЦ) (см. рис. 1).

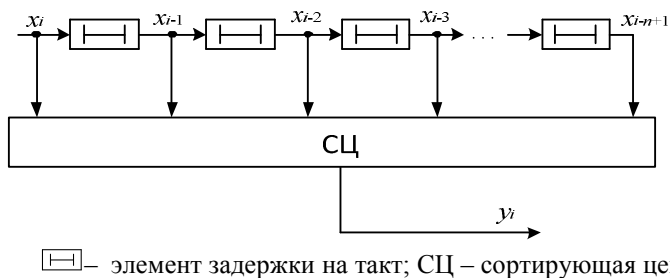


Рис. 1 – Медианный фильтр с применением сортирующей сети

Сложность и быстродействие данной системы определяется в первую очередь структурой сортирующей сети, выполняемой, как правило, из элементов сравнения и перестановки [3]. При этом сортирующие сети могут быть построены на основе таких методов сортировки, как «пузырьковый» метод, сортировка Бэтчера, эвристические сети.

При использовании сортирующих цепей ключевую роль играет количество сортируемых значений  $N$ . Сортировка по методу «пузырька» считается наиболее медленной, из-за чего не находит широкого применения. Более эффективным решением задачи сортировки являются сортирующие сети Бэтчера, где по существу, происходит слияние пар отсортированных подпоследовательностей. Сортировка Бэтчера может быть представлена эквивалентной сортирующей сетью. На основе данного алгоритма можно построить сеть для большого числа отсчетов, количество элементов в которой будет приближаться к оптимальному.

Существенно сократить аппаратные затраты и значительно упростить структуру СЦ при поиске медианы позволяет древовидный псевдомедианный фильтр (ДПМФ), базовым элементом которого является одномерный МФ с апертурой  $M$  ( $M=3,5,7\dots$ ), который в свою очередь является узлом  $M$ -арного дерева [4]. При этом наиболее простыми и, следовательно, эффективными в реализации, оказываются ДПМФ на основе МФ с апертурой 3, т.е. при  $M=3$ .

С увеличением  $N$  сложность реализации медианных фильтров быстро растет, и приблизительно равна квадрату окна. В таких случаях используют гистограммный метод, который позволяет с приемлемыми затратами вычислять медиану для больших  $N$  [5].

Гистограммный метод основан на том факте, что в соответствии с рисунком 1 при поступлении очередного отсчета из окна уходит лишь один крайний правый отсчет, а остальные  $(N-1)$  сохраняются с предыдущего такта и сводится к следующему: гистограмма полностью строится только для первой выборки, а затем при каждом смещении окна она только модифицируется в соответствии с ушедшим и поступившим отсчетами. Для поиска медианы необходимо суммировать элементы гистограммы до тех пор, пока их сумма не превысит  $(N-1)/2$  или не станет ей равной. Индекс

последнего просуммированного элемента гистограммы равен медиане. Соответственно для данного алгоритма играет важную роль диапазон фильтруемых значений.

**Цель исследования.** Целью исследования является определение быстродействия выполнения программ для сигнальных процессоров, реализующих алгоритмы медианной фильтрации: сортирующих цепей на основе сетей Бэтчера, древовидный псевдомедианный фильтр, гистограммный метод и выбор оптимального метода.

**Материалы исследований.** Для написания и отладки исследуемых программ были использованы программные симуляторы процессоров TMS320C24xx и ADSP – 218x, которые входят в состав интегрированных сред разработки Code Composer Studio v.2.1 и VisualDSP++ v.3.5.

**Результаты исследований.** Сравнение быстродействия программ реализующих описанные выше методы основывается на сравнении количества программных циклов затрачиваемых на выполнение программы.

Для исследования было загружено в память данных процессора числовую последовательность длиной 512 значений в диапазоне от 0 до 256. Исследовались программы одномерной фильтрации. Апертуры медианного фильтра были выбраны из ряда  $N = 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15$ . Результаты исследования графически отображены на рис. 2 и рис. 3.

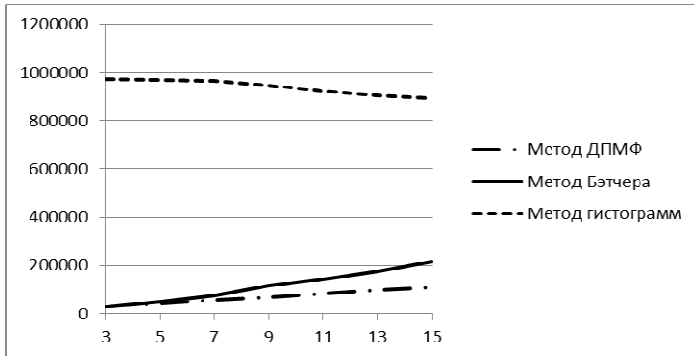


Рис. 2 – График зависимости количества циклов при фильтрации последовательности от выбранной апертуры для процессора TMS320C24xx

Из графиков видно, что программа медианной фильтрации, основанная на методе ДПМФ, выполняется примерно в два раза быстрее, чем программа на основе метода Бэтчера. При этом график для ДПМФ сохраняет линейность с увеличением апертуры и его возрастание не так стремительно как при использовании метода Бэтчера. Значительно больше времени занимает выполнение программы основанной на методе гистограмм.

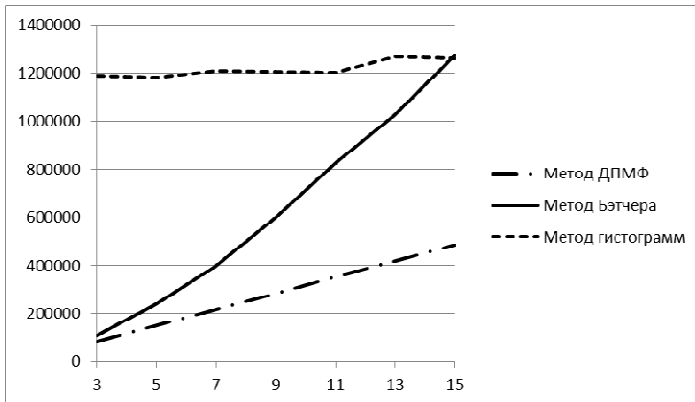


Рис. 3 – График зависимости количества циклов при фильтрации последовательности от выбранной апертуры для процессора ADSP-218x

Однако программа на основе метода гистограмм вне зависимости от выбранного процессора и исходных значений при увеличении апертуры окна выполняется в пределах одного и того же значения циклов. Максимальное значение циклов выполнение программы займет в том случае, когда поступающие значения будут равны 255, а минимальное – когда 0. График сохраняет свою линейность в случае, когда поступающие элементы выборки близки по значению.

Существенная разница в числе циклов процессора между методом гистограмм и остальными методами объясняется тем, что значения чисел, которые поддаются фильтрации, влияют на гистограмму и скорость нахождения медианы будет тем выше, чем меньше будет диапазон значений. К примеру, при фильтрации нулей и единиц программе на основе метода гистограмм понадобится значительно меньшее время для нахождения медианы, нежели программам на основе сортирующих сетей, поскольку при гистограммном методе необходимая сумма будет состоять из значений первых двух ячеек гистограммы, а для других алгоритмов понадобится время для проверки всех условий и перестановки значений.

**Выводы.** Полученные результаты подтверждают, что число операций для выполнения медианной фильтрации методом гистограмм не зависит от величины окна  $N$ , а зависит лишь от разрядности отсчетов сигнала и от разности  $\Delta$  между предыдущими и текущими значениями медианы. При использовании медианной фильтрации на основе сортирующих цепей наибольшее быстродействие обеспечивает метод древовидных псевдомедианных фильтров. Данные результаты наблюдаются на обоих используемых сигнальных процессорах. При фильтрации сигналов с достаточно малым диапазоном входных значений необходимо отдавать предпочтение

методу гистограмм, при условии, что при выбранном значении апертуры метод ДПМФ выполняется медленней.

**Список литературы:** 1. *Под. ред. Т.С. Хуанга.* Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / *Под. ред. Т.С. Хуанга.* – М.: Радио и связь, 1984. – 224с. 2. *Бондарев В.Н., Трёстер Г., Чернега В.С.* Цифровая обработка сигналов : методы и средства : Учеб. пособие для вузов / *Бондарев В.Н., Трёстер Г., Чернега В.С.* – Севастополь : Изд-во СевГТУ, 1999.- 398с. 3. *Кнут Д.* Искусство программирования для ЭВМ. Т.3. Сортировка и поиск / *Кнут Д.* – М. : Мир, 1978. – 844с. 4. *Дорошенко Ю.И., Ивашко А.В.* Об одном классе нелинейных цифровых фильтров для обработки изображений / *Дорошенко Ю.И., Ивашко А.В.* // Информационные технологии : наука, техника, технология, образование, здоровье : Сб. научн. трудов ХГПУ. Вып 7.ч.1. – Харьков ХГПУ, 1999, с.280-285. 5. *Очин Е.Ф.* Вычислительные системы обработки изображений / *Очин Е.Ф.* – Л. : Энергоатомиздат, 1989.- 136с.

*Надійшла до редколегії 05.02.2013*

УДК 621.391

**Реализация медианных и квазимедианных фильтров на цифровых сигнальных процессорах / А. В. Ивашко, К. Н. Яценко //** Вісник НТУ «ХП». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 8(982). – С.54–58.Бібліогр.: 5 назв.

У статті розглянута програмна реалізація медіанних і квазімедіанних фільтрів на мові асемблера сигнальних процесорів TMS320C24xx и ADSP – 218x. Досліджено швидкодію виконання програм що реалізують базові алгоритми даних видів фільтрації.

**Ключові слова:** медіанні фільтри, квазімедіанні фільтри, сигнальні процесори.

There has been proposed realization of median and quasimedian filters on assembler language for signal processors TMS320C24xx and ADSP - 218x. A speed of programs performance implementing basic algorithms was studied for these types of filtration.

**Keywords:** median filters, quasi median filters, signal processors.