

УДК 528.851

*Ю. М. Гектин¹, А. А. Зайцев^{1,2}*¹ОАО «Российские космические системы»²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Разработка и применение модифицированного алгоритма медианной фильтрации при бортовой коррекции изображений дистанционного зондирования

Описывается алгоритм устранения протяженных аддитивных помех с изображений дистанционного зондирования Земли. Алгоритм основан на принципе медианной фильтрации. Рассматриваются его преимущества по сравнению со стандартной методикой.

Ключевые слова: аддитивная помеха, медианный фильтр, цифровое изображение, одно- и двумерный массивы.

1. Введение

При дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ) многие важнейшие результаты получаются в интерактивном режиме обработки видеоинформации в различных спектральных диапазонах. Поэтому видеоинформация, предоставленная конечному потребителю, должна быть представлена с максимально возможным качеством. Исходные изображения, получаемые приборами ДЗЗ, содержат в себе, помимо полезной информации, некоторое количество шумов различной природы, что существенно усложняет восприятие и обработку данных. По этой причине в целях улучшения изображений применяются те или иные способы фильтрации данных.

Обычно обработка видеоинформации, полученной аппаратурой ДЗ, производится на Земле после ее получения. Однако, в случае необходимости, часть алгоритмов обработки может быть реализована непосредственно на борту космического аппарата (КА). Подобные этапы обработки должны быть высокоэффективными и в то же время эксплуатировать малые вычислительные мощности.

В работе описывается алгоритм фильтрации, разработанный специально для бортовой обработки видеоинформации, получаемой инфракрасными (ИК) каналами Многозонального сканирующего устройства гидрометеорологического обеспечения МСУ-ГС № 2.

2. Общие сведения о функционировании аппаратуры МСУ-ГС

В настоящее время на геостационарной орбите находится российский КА «Электро-Л» с аппаратурой МСУ-ГС на борту. МСУ-ГС проводит сеансную съемку земной поверхности в семи ИК спектральных диапазонах. В каждом ИК-канале съемка производится четырьмя независимыми линейными фотоприемниками (т.е. каждое из четырех изображений представляет собой скановую структуру). Непосредственно во время проведения съемки видеоинформация со всех четырех ПЗС-приемников передается на Землю, где производится устранение помех на каждом изображении, а затем их сложение в одно и дальнейшая обработка, в том числе устранение характерных для МСУ-ГС протяженных вертикальных импульсных помех.

Разрабатываемая в настоящее время аппаратура МСУ-ГС № 2 имеет удвоенное количество линейных ПЗС-приемников, количество элементов в которых также будет увеличено. Однако имеющаяся линия радиопередачи не позволяет обеспечить передачу увеличенного потока данных в режиме реального времени. Поэтому с целью уменьшения передаваемого информационного потока сложение изображений от разных ПЗС-приемников должно

производиться непосредственно на борту КА. В свою очередь такое решение делает необходимой организацию в блоке обработки сигналов (БОС) аппарата алгоритма предварительной фильтрации первичной видеоинформации. Такой алгоритм должен с достаточным качеством в режиме реального времени обеспечивать устранение помех на первичных изображениях, формируемых ПЗС-приемниками, а также иметь максимально простую математическую реализацию.

3. Модифицированный алгоритм медианной фильтрации

Эффективным средством борьбы с импульсными помехами является алгоритм медианной фильтрации. Он основан на порядковой статистике и относится к классу нелинейных пространственных фильтров. Отклик такого фильтра определяется путем предварительного упорядочивания значений пикселей, покрываемых маской фильтра, и последующим выбором значения, находящегося на определенной позиции упорядоченной последовательности. Собственно фильтрация сводится к замещению исходного значения пикселя (в центре маски) на полученное значение отклика фильтра.

В медианном фильтре, как следует из его названия, значением отклика является значение центрального элемента упорядоченной последовательности. В результате этой операции из изображений исключаются выбросы, то есть те пиксели, которые не подчиняются «типичной» статистике при текущем положении маски [1].

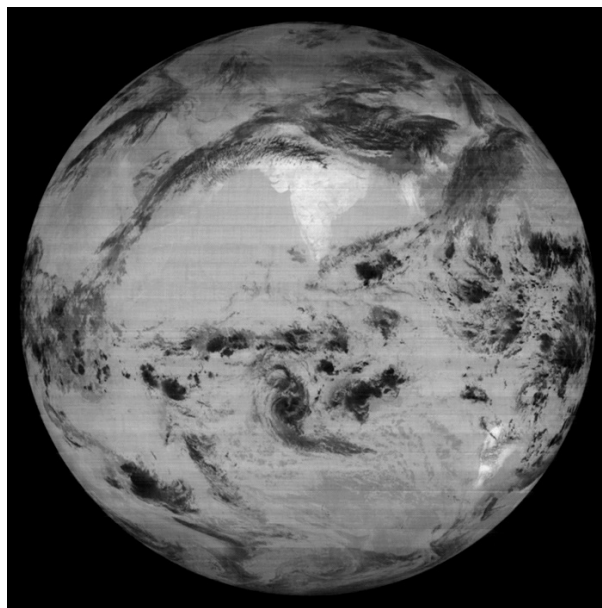


Рис. 1. Снимок земной поверхности в спектральном диапазоне 10,5–11,5 мкм

Исходное изображение, формируемое ИК каналами МСУ-ГС, представляет собой скановую структуру. На рис. 1 показано уменьшенное изображение земной поверхности, состоящее из 35 горизонтальных сканов. Каждый скан видеоинформации состоит из 48 строк (по числу фоточувствительных элементов линейного фотоприемника) по 3400 элементов в каждой. На рис. 2 представлен фрагмент одного из сканов, содержащий протяженные вертикальные импульсные помехи.

Суть разработанного алгоритма состоит в следующем. На первом этапе выполняется преобразование исходного двумерного массива в одномерный. При фильтрации вертикальных помех производится поскановое вычисление среднего значения для однопорядковых отсчетов для всех 48 строк

$$S(j) = \frac{\sum_{i=1}^n X(i, j)}{n}, \quad j = \overline{1, m},$$

где $X(i, j)$ — исходный двумерный массив, $S(j)$ — полученный одномерный массив, i — номер строки, j — номер отсчета, n — количество строк, m — количество отсчетов.



Рис. 2. Фрагмент скана изображения, содержащий протяженные вертикальные импульсные помехи

Графическое представление полученного массива показано на рис. 3.

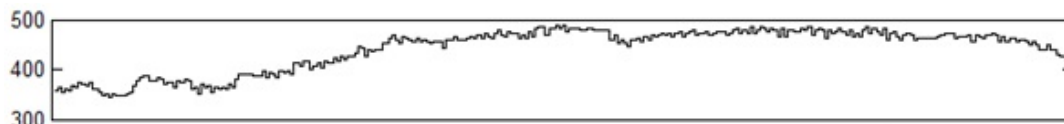


Рис. 3

При этом аддитивная помеха, искажающая однопорядковые отсчеты исходного изображения, после усреднения содержится уже всего в одном пикселе. Поэтому вторым этапом является применение стандартного алгоритма медианной фильтрации

$$Sm(j) = med\{S(j)\}, \quad j = \overline{1, m}$$

и выделение отфильтрованного шума

$$\Delta S(j) = S(j) - Sm(j), \quad j = \overline{1, m}.$$

(В силу своего алгоритма медианный фильтр устраняет области импульсного шума, площадь которых не превышает половины площади маски фильтра [2]. Поскольку на изображениях, получаемых с МСУ-ГС, два протяженных импульса, идущие подряд, встречаются достаточно часто, а три — редко, то разумнее всего использовать фильтр с маской в пять пикселей.)

На рис. 4 показан результат фильтрации. Заметно, что сигнал стал существенно более гладким.

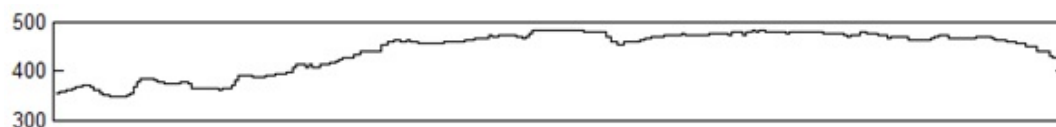


Рис. 4

На рис. 5 показан отфильтрованный шум.

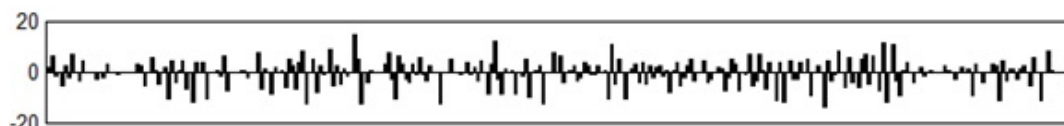


Рис. 5. Аддитивные импульсные помехи, выявленные и устраненные фильтром

Последний шаг заключается в вычитании из каждой строки корректируемого скана отфильтрованного шума

$$Xm(i, j) = X(i, j) - \Delta S(j), \quad j = \overline{1, m}.$$

На рис. 6 показан результат фильтрации.



Рис. 6. Результат действия модифицированного алгоритма медианной фильтрации

Отфильтрованные изображения уже практически не содержат импульсных помех (за исключением тех, чья площадь больше половины площади маски фильтра). В табл. 1 приведены средние значения и среднеквадратичные отклонения для нескольких однородных областей изображения. Видно, что разработанный алгоритм фильтрации практически не меняет среднее значение по области, но при этом уменьшает среднеквадратичное отклонение.

Т а б л и ц а 1

Ср. знач. до	Ср. знач. после	СКО до	СКО после
500.8	501.6	15.6	11.3
505.0	505.4	13.4	10.8
505.9	505.8	16.1	12.1
424.6	422.2	15.5	11.6

Необходимо сделать важное замечание. Следует понимать принципиальное отличие разработанного алгоритма от стандартного. В то время как стандартный фильтр работает с исходными значениями пикселей (а значит замещает их), модифицированный работает с усредненными строками, выделяя при этом не конкретные пиксели, а аддитивную добавку, свойственную всем пикселям в столбце. Это гарантирует существенно меньший сдвиг границ и меньшее среднеквадратичное отклонение в однородных областях получаемого изображения при использовании такой же маски (по количеству пикселей в горизонтальном направлении). В то же время необходимо отметить, что любая медианная фильтрация сохраняет резкость изображения.

4. Заключение

Разработанный алгоритм фильтрации позволяет эффективно бороться с протяженными аддитивными помехами. В настоящий момент этот алгоритм включен в штатную программу наземной обработки изображений КА «Электро-Л» №1 и внедрен в блок обработки сигнала разрабатываемого в настоящее время модифицированного ИК-модуля аппаратуры МСУ-ГС для КА «Электро-Л» №2.

Литература

1. Шовенгердт Р. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. — М. : Техносфера, 2010.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М. : Техносфера, 2005.

Поступила в редакцию 23.07.2013.