

# ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.372

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕДУР ФИЛЬТРАЦИИ И ПОЭЛЕМЕНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.И. Антюфеев, В.Н. Быков, А.М. Гричанюк, В.А. Краюшкин  
(Объединенный научно-исследовательский институт ВС, Харьков)

*Проведена оценка влияния процедур фильтрации и поэлементных преобразований экспериментально полученных радиометрических изображений на качество идентификации объектов оператором. Предложен новый алгоритм гистограммных преобразований изображения, позволяющий получить требуемое распределение плотности вероятностей яркости.*

***процедура фильтрации, поэлементные преобразования, радиометрическое изображение, гистограммные преобразования изображения***

**Постановка проблемы.** В системах дистанционного зондирования Земли обнаружение и идентификация объектов производится, как правило, оператором после предварительной цифровой обработки. Обработка может проводиться в целях снижения шумов, увеличения резкости, расширения динамического диапазона всего изображения или его отдельных элементов, что позволяет подчеркнуть, усилить какие-либо черты, особенности и нюансы наблюдаемого изображения и тем самым улучшить его субъективное восприятие оператором. Необходимость упростить работу оператора при обнаружении объектов на радиометрических изображениях, сформированных системами дистанционного зондирования Земли миллиметрового диапазона (ММД) волн, послужило причиной изучения в данной статье известных процедур обработки изображений и разработки рекомендаций по их наиболее эффективному применению для улучшения визуального восприятия радиометрических изображений.

**Анализ литературы.** Развернутый анализ процедур поэлементной обработки, применяемых для улучшения визуального восприятия изображений видимого диапазона электромагнитных волн, проведен в работах [1, 2]. Из анализа литературы [3] следует, что изображения, формируемые радиометрическими системами (РМС) ММД дистанционного зондирования, отличаются рядом особенностей: сравнительно невысоким пространственным разрешением, значительной нелинейностью распределения элементов изображения по динамическому диапазону, наличием нормально распределенных шумов, обусловленных собственными шумами радиометрических приемников. Для рассматриваемых систем характерна повышенная сложность субъективного восприятия, связанная с тем, что уровень радиояркости изображений объектов в ММД определяется не условиями освещенности и коэффициентами отражения, как в видимом диапазоне электромагнитных волн, а диэлектрическими свойствами, геометрической формой и степенью шероховатости материалов объектов и фонов.

**Цель статьи:** предложить требующие минимального вмешательства оператора процедуры обработки радиометрических изображений, позволяющие улучшить визуальное восприятие радиометрических изображений и облегчить идентификацию на нем объектов.

В качестве обрабатываемых изображений использовались результаты экспериментально полученных радиометрических изображений автомобиля ВАЗ-2110 и металлической бочки на фоне асфальта и растительности (рис. 1 а). Для формирования изображений применялся радиометрический измерительный комплекс 8-ми миллиметрового диапазона волн [4]. Также проводилась радиометрическая съемка автомобиля накрытого маскировочной сетью, обладающей радиопоглощающими свойствами в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн [5] (рис. 1, б).



Рис. 1. Объекты визирования: а – открытый автомобиль и металлическая бочка; б – автомобиль, накрытый маскировочной сетью и металлическая бочка

В результате сравнения **классических методов фильтрации шумов** [1, 2], использующих скользящее окно с шумоподавляющей маской или медианные фильтры, выяснено, что для подавления шумов на ра-



визуального восприятия или появлению ложных контуров. Определение пороговых уровней представляет собой статистическую задачу и решается она может методами теории вероятностей, случайных процессов и случайных полей. Как правило, для определения пороговых уровней строится гистограмма распределения яркостей в изображении. Положение пороговых уровней выбирается между пиковыми значениями гистограммы.

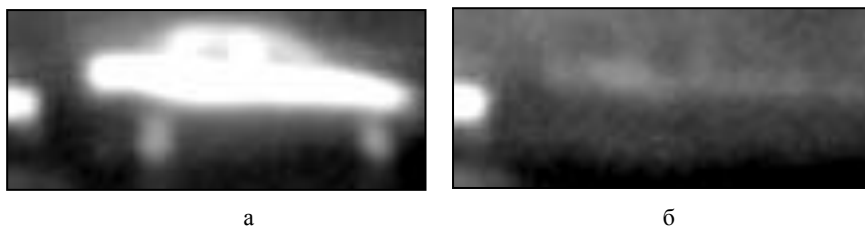


Рис. 3. Инвертированные радиометрические изображения открытого (а) и накрытого маскировочной сетью (б) автомобиля

Гистограмма распределения яркости  $X$  радиометрического изображения автомобиля, скрытого маскировочной сетью, представлена на рис. 4.

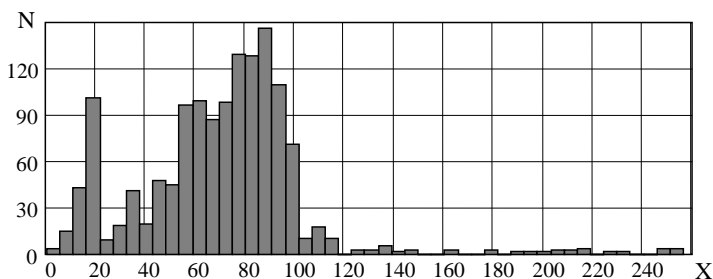


Рис. 4. Гистограмма распределения яркости в радиометрическом изображении накрытого маскировочной сетью автомобиля

Для проведения препарирования применялись характеристики обработки, приведенные на рис. 5, где  $X$  – яркость исходного изображения;  $Y$  – яркость препарированного изображения; пунктиры – пороговые урени.

Как видно из результатов препарирования (рис. 6), применение для обработки характеристики приведенной на рис. 5, б привело к увеличению динамического диапазона асфальта перед автомобилем (уровень исходной яркости от 5 до 25 единиц), подчеркнув таким образом фон, не интересующий наблюдателя. Применение для обработки характеристики, приведенной на рис. 5 а, увеличило контраст автомобиля, накрытого маскировочной сетью.

В связи с тем, что гистограмма каждого изображения уникальна и яркость интересующих наблюдателя объектов может находиться в различных пределах динамического диапазона, весьма затруднительно сформулировать универсальную методику выбора оптимальной характеристики препарирования, включающую в себя и выбор пороговых уровней.

Поэтому с точки зрения удобства использования более предпочтительной была бы полностью автоматическая процедура подчеркивания слабоконтрастных объектов, не требующая обязательного участия оператора в процессе обработки.

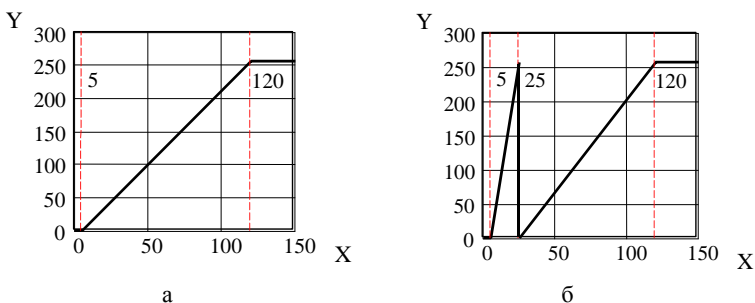


Рис. 5. Характеристики процедур препарирования

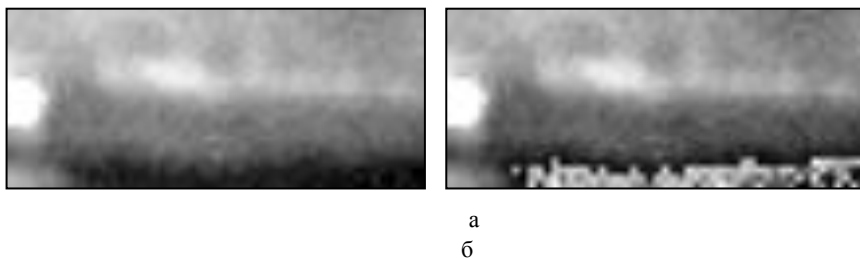


Рис. 6. Результаты препарирования радиометрического изображения автомобиля, накрытого маскировочной сетью: а – применялась характеристика 5, а; б – применялась характеристика 5, б

Данным требованиям отвечают применяемые в практике обработки изображений **процедуры преобразования гистограмм** [1, 2]. Данные процедуры могут быть выполнены после решения обратной задачи статистического анализа изображений – в которой по известному виду плотности вероятности яркости элементов изображения  $w_x(x)$  и желаемому ее виду  $w_y(y)$  необходимо определить требуемое преобразование  $y = f(x)$ , которому следует подвергнуть исходное изображение. В прак-

тике цифровой обработки изображений к успешному результату часто приводит преобразование плотности вероятности распределения яркостей изображения к равномерному виду – **эквализация** [2].

Известно, что применяемые на практике гистограммные преобразования (и эквализация в том числе) используют гистограмму исходного изображения в качестве оценки плотности вероятности яркости элементов изображения [2]. Недостатком такого подхода является отсутствие возможности получения идеального распределения плотности вероятностей яркостей выходного изображения. Поэтому приходится проводить контроль его гистограммы и, в случае необходимости, дополнительную коррекцию.

Авторами статьи разработан оригинальный *алгоритм гистограммных преобразований*, свободный от данного недостатка и позволяющий сразу получить *идеальное* требуемое распределение плотности вероятности.

Особенностью алгоритма является тот факт, что для необходимых гистограммных преобразований не требуется собственно построения гистограммы исходного изображения.

Последовательность операций в предложенном алгоритме гистограммных преобразований такова:

1. Производится разворачивание исходного прямоугольного массива изображения в вектор-столбец яркостей элементов.

2. Формируется массив из двух векторов – вектора яркостей и вектора порядковых номеров от 1 до  $N$  (где  $N$  – количество элементов в изображении).

3. Производится построчная сортировка массива по вектору-столбцу яркостей изображения в порядке возрастания.

4. Формируется вектор-столбец яркостей результирующего изображения, количество элементов в котором равно  $N$ , первое и последнее значения соответствуют минимальной и максимальной яркости изображения, а промежуточные значения яркости рассчитываются исходя из требуемого закона распределения плотности вероятности (для случая эквализации – линейно возрастают от минимального до максимального значения).

5. Вектор яркостей в массиве заменяется сформированным вектором яркостей результирующего изображения.

6. Производится построчная сортировка массива по вектору порядковых номеров в порядке возрастания.

7. Полученный после сортировки вектор яркостей результирующего изображения сворачивается в прямоугольный массив с размерностью исходного изображения.

Результаты выравнивания гистограмм (эквализации) радиометрических изображений открытого и замаскированного автомобиля, проведенные в соответствии с описанным алгоритмом, показаны на рис. 7.

Визуальное восприятие автомобиля улучшено для обоих изображений, при этом образ замаскированного автомобиля проявился без проведения процедур анализа оператором гистограммы, определения пороговых уровней и характеристик препарирования.

В некоторых случаях полезным может оказаться нелинейное преобразование яркости, называемое **соляризацией** [2]. Данное преобразование несколько повышает четкость деталей изображения. В связи с тем, что светлое изображение автомобиля в процессе соляризации становится темным и выглядит как негативное, после процедур соляризации и контрастирования яркость радиометрических изображений инвертировалась. Результаты такой обработки представлены на рис. 8.

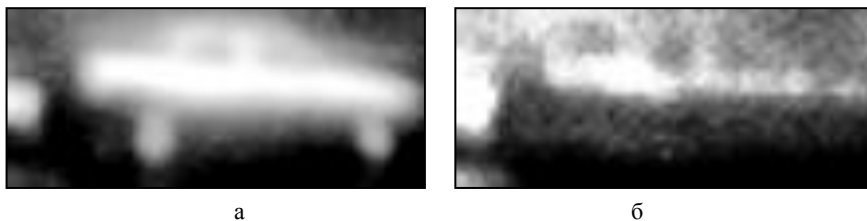


Рис. 7. Результаты применения процедуры эквализации к радиометрическому изображению открытого (а) и закрытого маской сетью (б) автомобиля

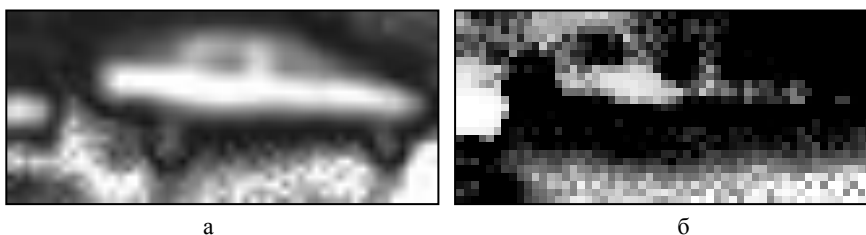


Рис. 8. Радиометрические изображения автомобиля (рис. 7), подвергнутые процедурам соляризации, контрастирования и инверсии

Как видно из рис. 8, процедура соляризации малоэффективна для обработки слабоконтрастных изображений – она значительно увеличивает зашумленность наиболее темных участков изображения.

**Выводы.** 1. Для снижения шумов на радиометрических изображениях более предпочтительными являются медианные фильтры.

2. Использование масочных методов подчеркивания границ неэффективно для обработки радиометрических изображений. В случае высокого отношения сигнал – шум в изображении и наличия точных сведений об аппаратной функции системы более предпочтительными для увеличения детальности изображений являются методы восстановления, позволяющие реализовать сверхразрешение.

3. Более естественно выглядят радиометрические изображения после выполнения операций контрастирования и инверсии.

4. Применение процедур препарирования позволяет повысить контраст интересующих наблюдателя фрагментов изображения, однако проведение данной обработки требует от оператора выполнения достаточного большого объема операций: анализа гистограмм и определения вида характеристики препарирования и пороговых уровней обработки.

5. Хорошие результаты улучшения визуального восприятия радиометрических изображений оператором дают гистограммные преобразования – в частности эквализация. Данная процедура может проводиться полностью в автоматическом режиме, без участия оператора в процессе обработки.

6. Применение соляризации для обработки слабоконтрастных радиометрических изображений малоэффективно – данная процедура значительно усиливает шумы на темных участках изображения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прэтт У. *Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.* – М.: Мир, 1982. – Кн. 2 – 480 с.
2. Грузман И.С., Киричук В.С. и др. *Цифровая обработка изображений в информационных системах.* – Новосибирск: НГТУ, 2000. – 168 с.
3. Николаев А.Г., Перцов С.В. *Радиотеплолокация (пассивная радиолокация) / Под ред. А.А. Красовского.* – М.: Сов. радио, 1964. – 335 с.
4. Антюфеев В.И., Быков В.Н. и др. *Радиометрический измерительный комплекс миллиметрового диапазона волн для дистанционного зондирования земной и водной поверхности // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – Х.: ХГТУРЭ. – 1999. – Вып. 109. – С. 145 – 150.*
5. *Під українським маскувальним покриттям – танка не видно... / В.П. Ващенко, В.В. Глебов та інші // Винахідник і раціоналізатор. – 2002. – № 2 – 3. – С. 5 – 6.*

Поступила 27.07.2005

**Рецензент:** доктор физико-математических наук, профессор Е.Д. Прилепский,



