

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).



а



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.

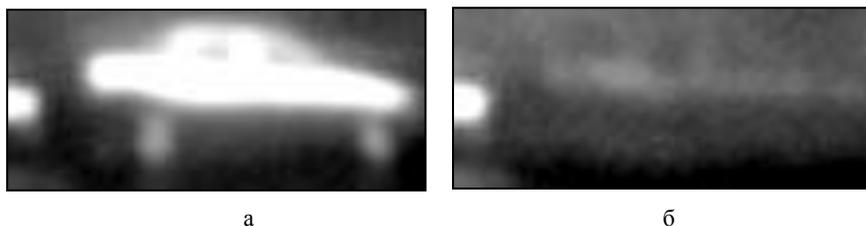


Рис. 3. Инвертированные радиометрические изображения открытого (а) и накрытого маскировочной сетью (б) автомобиля

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

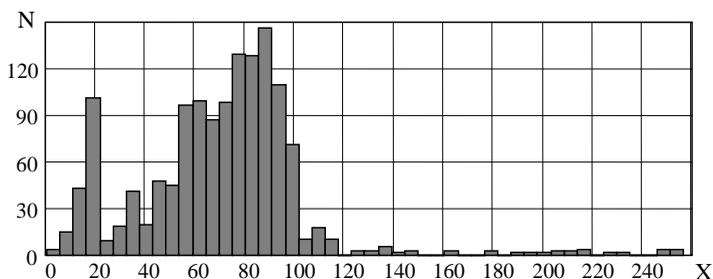


Рис. 4. Гистограмма распределения яркости в радиометрическом изображении накрытого маскировочной сетью автомобиля

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.

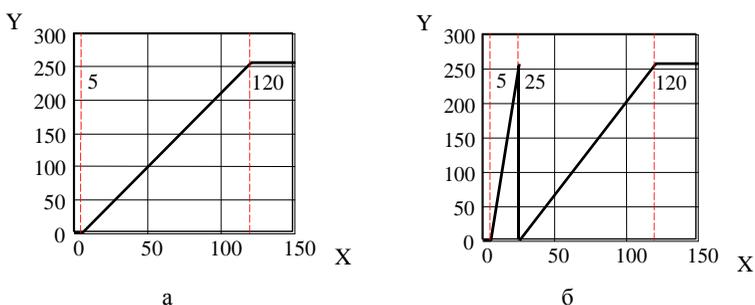


Рис. 5. Характеристики процедур препарирования

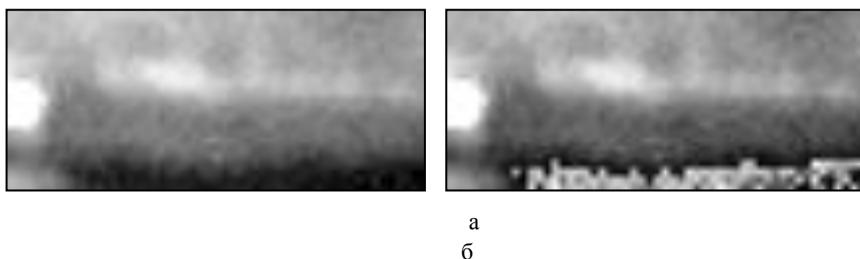


Рис. 6. Результаты препарирования радиометрического изображения автомобиля, накрытого маскировочной сетью: а – применялась характеристика 5, а; б – применялась характеристика 5, б

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.

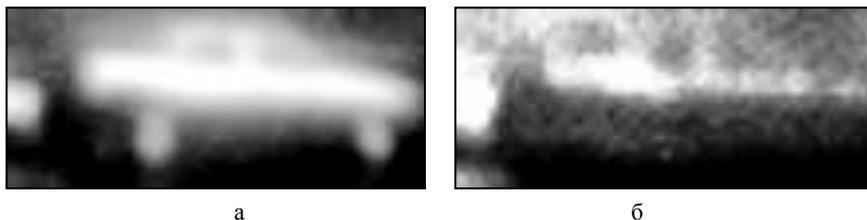


Рис. 7. Результаты применения процедуры эквализации к радиометрическому изображению открытого (а) и закрытого маской сетью (б) автомобиля

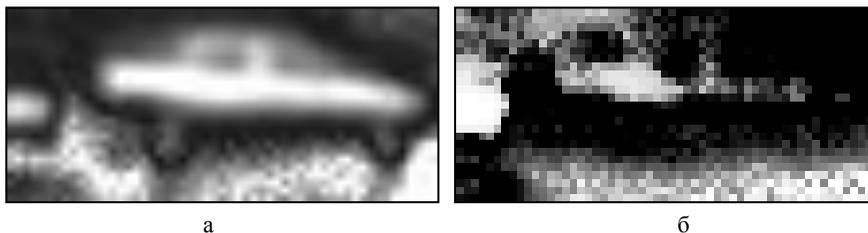


Рис. 8. Радиометрические изображения автомобиля (рис. 7), подвергнутые процедурам соляризации, контрастирования и инверсии

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,

