

УДК 651.326

**Н.Н. БОНДИНА**, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ",  
**В.Э. КРИВЕНЦОВ**, студент, НТУ "ХПИ"

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ В МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Дано описание метода выделения границ с помощью рангового обнаружителя и его модификации. Рассмотрено получение специальной статистики для принятия решения о границе. Проведено сравнение результатов выделения границ описанным методом с другими известными методами. Представлены результаты применения метода и способ выбора необходимых порогов, что явилось основой рекомендаций по использованию алгоритмов этих методов. Ил.: 2. Библиогр.: 8 назв.

**Ключевые слова:** выделение границ, медицинское изображение, порог.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Статистические характеристики изображения широко используются при их обработке [1 – 5]. Одним из этапов обработки изображений является выделение границ или контуров на изображении. Эта задача по-прежнему актуальна [6, 7]. В [8] описан метод рангового обнаружителя выделения границ с использованием специальной статистики для принятия решения о принадлежности пикселя границе. Представляет интерес проследить влияние порога, используемого для вычисляемой статистики, на выделение границ, а также сравнить другие методы выделения границ с ранговым обнаружителем и сформулировать рекомендации по его использованию.

При выделении контуров происходит замена исходного полутонового изображения преобразованным, в котором вместо исходных яркостей подставлены локальные контурные признаки. Новое изображение должно отвечать определённым требованиям, главное из которых – получение устойчивых результатов контурной обработки. Таким требованиям отвечает ранговый обнаружитель. Эксперименты с ранговым обнаружителем показали необходимость модификации этого метода.

**Цель статьи** – рассмотрение метода выделения границ с помощью рангового обнаружителя и его модификации. Методы используют специальную статистику изображения для определения принадлежности пикселя границе.

**Метод выделения границ с помощью рангового обнаружителя и его модификация.** Задача выделения границ в изображении тесно связана с сегментацией изображения. Сегментация подразделяет изображение на отдельные области или объекты [1, 2]. Алгоритмы сегментации изображений основываются на одном из двух базовых свойств сигнала яркости: разрывности и однородности. Поиск резких изменений сигнала, перепадов яркости и их усиления приводит к методам выделения границ. Разбиение изображения на области, однородные в смысле некоторых выбранных критериев, приводит к методам сегментации. Как указывается в [1], выделение контуров долгие годы являлось основой сегментации, в том смысле, что выделение контуров предваряет сегментацию. В разработанной нами системе представлены такие методы выделения границ: метод Собела, метод Превитт, использование лапласиана с гауссианом и метод с использованием рангового обнаружителя [1, 2, 8]. Результаты работы этих алгоритмов представлены на рис. 1. В качестве исходного взято изображение магнитно-резонансной томографии (рис. 2, а).

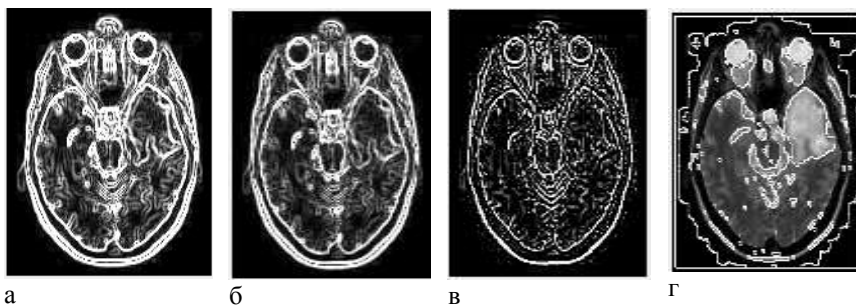


Рис. 1. Выделение границ разными методами: а – ультразвуковое изображение; б – изображение позитронно-эмиссионной томографии; в – изображение магнитно-резонансной томографии; г – рентгеновское изображение

На практике при выделении границ чаще всего используются маски Собела и Превитт. У каждой из масок сумма коэффициентов равна нулю, так что на областях с постоянной яркостью они будут давать нулевой отклик, т. е. потемнение, перепады яркости будут выделены светлыми линиями. Это хорошо видно на рис. 1, а, б. Лапласиан в чистом виде, как правило, для обнаружения контуров не используется, потому что он состоит из производных второго порядка, и поэтому излишне чувствителен к шуму. Лапласиан следует применять в сочетании со сглаживанием, в качестве сглаживающего оператора выбирают гауссиан [1]. Результат представлен на рис. 1, в. Изображения после метода Собела

и Превитт очень мало отличаются. Границы чётко выделены, к недостаткам можно отнести выделение границ внутри и слева в объекте, это – ложные границы. Хорошо выглядит препарат после работы лапласиана с гауссианом, хотя здесь не все детали прописаны. В зависимости от задачи можно выбрать в качестве решения один из этих вариантов. Лучшим вариантом выделения границ является метод, использующий ранговый обнаружитель, рис. 1, г. Здесь отмечены все детали и нет ложных контуров. В основе этого метода лежит ранговый обнаружитель, описанный в [8]. Достоинством метода, как доказано в [8], является контроль ложного срабатывания при обнаружении контуров. Первым шагом при такой обработке является декорреляция фона, которая с учётом модели фона изображения определяется процедурой:

$$\tilde{y}(i, j) = y(i, j) - \alpha [y(i-1, j) + y(i+1, j) + y(i, j-1) + y(i, j+1)], \quad (1)$$

где  $y(i, j)$  – исходное изображение, “ $\sim$ ” обозначает результат преобразования изображения,  $\alpha$  – параметр, от которого зависят свойства преобразованного изображения.

Выражение в квадратных скобках (1) представляет фон изображения и описывает влияние ближайших соседей на данный пиксель. Фактически выражение в квадратных скобках есть предсказание значения в данной точке. В алгоритме используются значения двух выборок: рабочей ( $U$ ) и опорной ( $V$ ). Если элементы этих двух выборок независимы, то может быть достигнута независимость вероятности ложного срабатывания от законов распределения  $U$  и  $V$ . Можно показать [4], что процедура преобразования изображения по формуле (1), которая названа декорреляцией фона, делает векторы  $U$  и  $V$  независимыми.

Выборки  $U$  и  $V$  представляют собой обычные маски, используемые в алгоритмах выделения контуров. Эти маски позволяют выделить в изображении элементы  $u_i, v_j$  с объёмами выборок  $n$  и  $m$  соответственно, после чего вычисляется решающая статистика:

$$z(U, V) = \sum_{i=1}^{n_U} \eta(u_i - v_j), \quad \eta(x) = \begin{cases} 1, & \text{при } x \geq 0, \\ 0, & \text{при } x < 0. \end{cases} \quad (2)$$

Решающая статистика показывает, в скольких точках маски  $u_i$  превышает  $v_j$  (так работает функция  $\eta(x)$ ) и сравнивается с порогом. Если решающая статистика превышает порог, то локальный контурный признак имеет место и граница определена, в противном случае, принимается решение об отсутствии границы. Таким образом, данный алгоритм подготовит препарат, похожий на изображения 2, а и 2, б.

При предварительной подготовке изображения (декорреляции фона) в правой части (1) может получиться отрицательное число. Такой вариант описан в [1] при вычислении лапласиана, который также содержит выражение в квадратных скобках (1). Если просто обнулить эти элементы, то большая часть информации может быть утрачена. В [1] предлагается и второй вариант: взять абсолютную величину от выражения в квадратных скобках (1). При работе с алгоритмом на реальных изображениях мы увидели, что вариант с отрицательными значениями не так уж и редок, даже при небольших значениях  $\alpha$ . Мы попробовали оба варианта: при обнулении границы не выделяются.

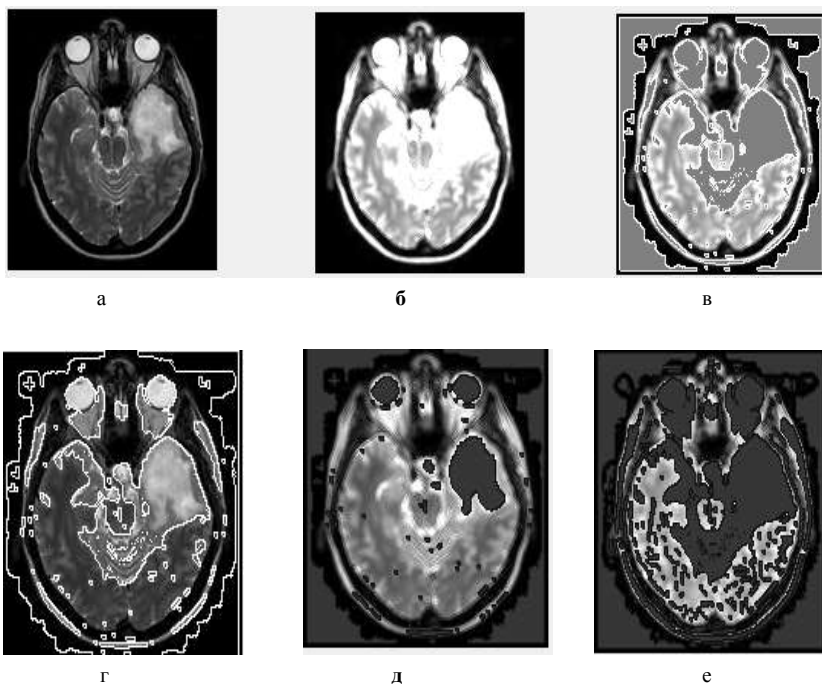


Рис. 2. Выделение границ с помощью рангового обнаружителя: а – исходное изображение, б – декорреляция фона, в – сегментация и выделение границ, г – нанесение выделенных границ на исходное изображение. д – изменение параметров  $\alpha = 1$ , порог = 70; е – изменение параметров  $\alpha = 1$ , порог = 55.

В случае использования абсолютной величины после декорреляции фона и при правильном выборе порога для решающего правила (2), выделяются не контуры изображения, а области, в которых это правило

выполняется, то есть сначала имеет место сегментация. Затем, отделяя эти области от фона (по цвету), определяем границы. Не составляет особого труда, после этой операции, нанести границы на исходное изображение. Все этапы этой процедуры приведены на рис. 2, а, б, в, г. Сегментация, выделение контуров и нанесение выделенных границ на исходное изображение сопровождается окрашиванием зон интереса в разные цвета, что убедительно свидетельствует в пользу модификации алгоритма рангового обнаружения.

При использовании методов Собела и Превитт (рис. 1, а, б) границы выделены, но нет возможности повторить обработку с другими параметрами и избавиться от ложных контуров в полученном изображении. Этого недостатка лишён модифицированный алгоритм рангового обнаружения. Здесь есть два параметра, которые позволяют менять выделенные границы, а их подбором можно получить границы, соответствующие поставленной задаче. На рис. 2, д, е представлены варианты обработки изображений с разными значениями параметра  $\alpha$  (декорреляция фона) и порога (сегментация). В этих вариантах контуры отмечены чёрным цветом, поэтому картинка несколько отличается от 2, в.

Лучшими следует признать варианты рис. 2 г, д и выбрать из них тот вариант, который ближе условиям поставленной задачи. При увеличении параметра  $\alpha$  и уменьшении порога в изображении появляются ложные контуры. При уменьшении параметра  $\alpha$  и увеличении порога сегментация не происходит. Таким образом, изменением параметра декорреляции можно управлять выделением контуров.

### **Выводы.**

1. Модификация метода рангового обнаружителя применима к медицинским изображениям, полученным на разных устройствах.
2. Модифицированный метод рангового обнаружителя сначала производит сегментацию изображения, а затем выделяет границы.
3. При сравнении с методом Собела, Превитт, лапласиана с гауссианом модифицированный метод рангового обнаружителя показал лучшие результаты.
4. Подбором двух параметров при работе модифицированного метода рангового обнаружителя можно добиться выделения контуров в соответствии с поставленной задачей.

**Список литературы:** 1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 2. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с. 3. Бондина Н.Н. Сравнительный анализ алгоритмов фильтрации медицинских изображений / Н.Н. Бондина, А.С. Калмычков, В.Э. Кривенцов // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – 2012. –

№ 38. – С. 14-25. **4. Белявцев В.Г.** Алгоритмы фильтрации изображений с адаптацией размеров апертуры / В.Г. Белявцев, Ю.Е. Воскобойников // Автометрия. – 1998. – № 3. – С. 18-27. **5. Калинин П.В.** Статистические, нейросетевые и комбинированные алгоритмы фильтрации аппликативных помех на изображениях / П.В. Калинин, А.А. Сирота // Автометрия. – 2012. – № 6. – С. 18-28. **6. Киричук В.С.** Быстрый алгоритм выделения граничных точек на изображениях / В.С. Киричук, В.А. Куликов // Автометрия. – 2011. – № 3. – С. 19-24. **7. Фурман Я.А.** Восстановление координат точек на поверхности объекта по серии изображений его теней / Я.А. Фурман, Р.В. Ерусланов, И.Л. Егошина // Автометрия. – 2011. – № 6. – С. 16-27. **8. Гребенщиков К.Д.** Ранговый обнаружитель локальных контурных признаков изображения с фиксированным уровнем ложных срабатываний / К.Д. Гребенщиков, А.А. Спектор // Автометрия. – 2001. – № 4. – С. 119-127.

Поступила в редакцию 20.03.2013

*Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Поворознюк А.И.*

УДК 651.326

**Використання статистичних характеристик для покращення медичних зображень / Бондіна Н.М., Кривенцов В.Е.** // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2013. – № 39 (1012). – С. 22 – 27.

Дано опис методу виділення меж за допомогою рангового виявника і його модифікації. Розглянуто отримання спеціальної статистики для ухвалення рішення про межі. Проведено порівняння результатів виділення меж методом, що описаний, з іншими відомими методами. Представлено результати застосування методу і спосіб вибору необхідних порогів, що з'явилося основою рекомендацій по використуванню алгоритмів цих методів. Лл.: 2. Бібліогр.: 8 назв.

**Ключові слова:** виділення меж, медичне зображення, поріг .

UDC 651.326

**Using of statistical characteristics to marking of borders in medical images / Bondina N.N., Kriventsov V.E.** // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2013. – №. 39 (1012). – P. 15 – 27.

Description of method of allocation of borders is given by a ranking detector and his modifications. The receipt of the special statistics for the decision-making about a border is considered. Comparison of results of allocation of borders is conducted by an detector method with other known methods. The results of application of method and method of choice of necessary thresholds are represented, that was basis of recommendations on the use algorithms of these methods. Figs. 2. Refs.: 8 titles.

**Keywords:** selection of borders, medical image, threshold.