

УДК 004.9

## ОЦЕНИВАНИЕ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КВАДРОДЕРЕВЬЯМИ

М.С. Тарков, Н.В. Тихонов

Институт физики полупроводников СО РАН им. А.В. Ржанова, г. Новосибирск  
E-mail: tarkov@isp.nsc.ru; niknsk@list.ru

*Анализ тепловых изображений (термограмм) поверхности тела человека показывает наличие взаимосвязи между состоянием его организма и гетерогенностью («пестротой») термограмм. В данной работе предложен алгоритм количественного оценивания гетерогенности изображений. Гетерогенность (неоднородность) изображения оценивается количеством листьев квадродерева, соответствующих фрагментам изображения. Разбиение любого фрагмента на четыре части и порождение соответствующих листьев в квадродереве производится, если этот фрагмент удовлетворяет заданному критерию неоднородности.*

### Ключевые слова:

*Гетерогенность изображений, квадродерева изображений, растяжение контрастности.*

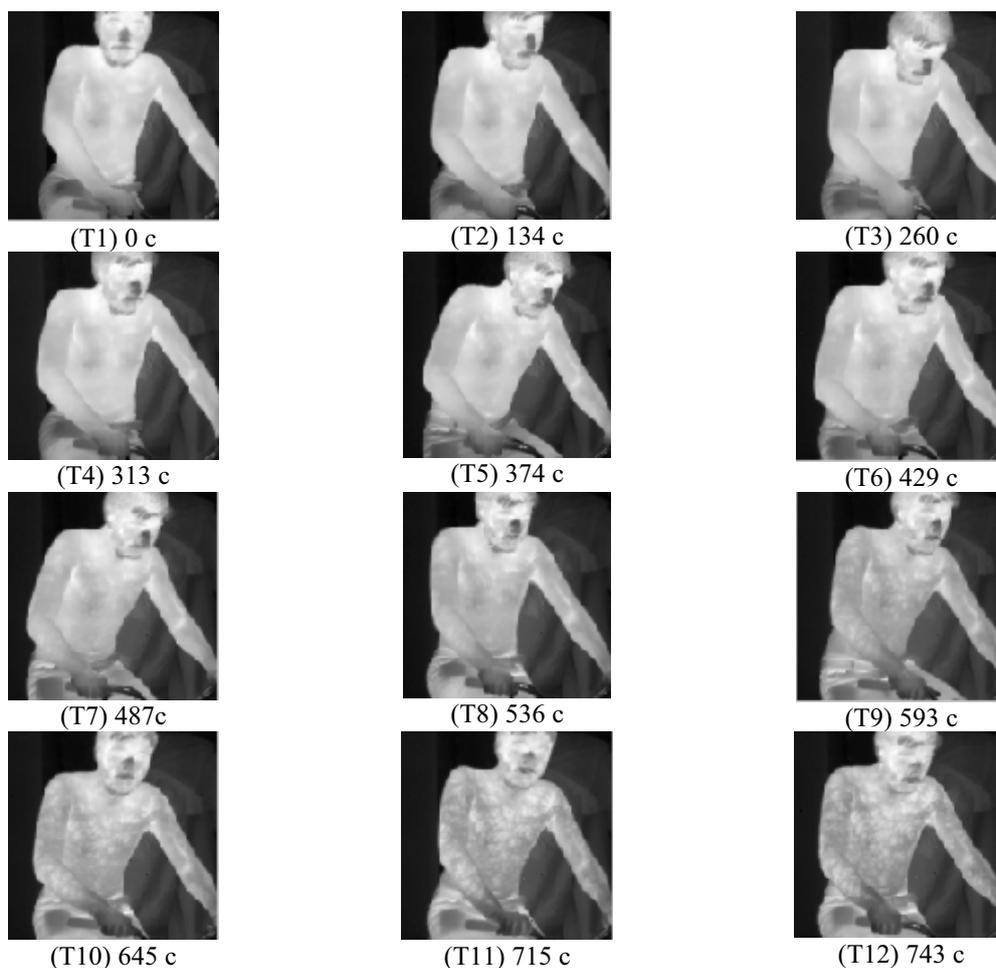
### Key words:

*Image heterogeneity, quadtrees of images, contrast expansion.*

### Введение

Результаты анализа тепловых изображений поверхности тела человека показывают, что тепловая картина может изменяться в зависимости от состояния органов и, в частности, при возникновении ряда заболеваний [1–4]. Визуально эти различия выражаются в изменении степени гетерогенности (нео-

днородности) изображений. В связи с этим, установление степени гетерогенности изображения может дать ценные сведения о физиологическом статусе организма, заметно расширив диагностические возможности медицинских методов интраскопии. Изменение степени гетерогенности можно проследить на примере термограмм волонтера в процессе вра-



**Рис. 1.** Термограммы волонтера на велотренажере. Время регистрации термограммы указано в секундах

шения педалей велотренажера (рис. 1). Здесь резкое изменение гетерогенности (пестроты) термограммы вызвано усилением потоотделения.

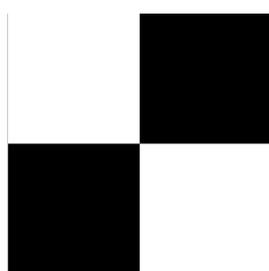
В работе предложен метод количественного анализа гетерогенности изображений, в том числе, биомедицинских тепловизионных изображений (термограмм), основанный на представлении изображения квадродревом уменьшенных изображений. Данный метод дает более широкий диапазон изменения показателя гетерогенности, чем предложенные ранее [2–4]. Метод характеризуется высокой скоростью вычислений, поэтому может быть применен к оцениванию гетерогенности изображений больших размеров. Соответствующий изображению показатель характеризует неоднородность адекватно визуальному восприятию.

**Оценивание гетерогенности изображений на основе их представления квадродревьями**

Пусть изображение представляет собой квадратную матрицу  $A$ , размеры которой определяют степень числа 2. Пусть задан некоторый критерий  $h(A)$  неоднородности матрицы  $A$ . Если матрица  $A$  неоднородна по критерию  $h(A)$ , то разбиваем ее на четыре квадратные матрицы  $A_0, A_1, A_2, A_3$ , размеры которых в два раза меньше размеров матрицы  $A$ . Описанный процесс разбиения повторяется рекурсивно вплоть до уровня выделения одного пикселя. В результате получаем набор однородных фрагментов (матриц) различного размера. Каждый однородный фрагмент соответствует листу квадродревья  $Q(A)$  изображения  $A$  [5].

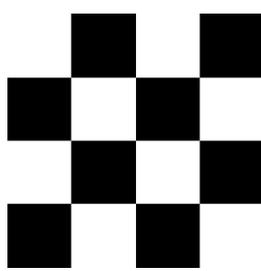
Пусть  $L_Q$  – количество листьев квадродревья  $Q(A)$  изображения  $A$ . Рекурсивный алгоритм построения квадродревья для некоторого фрагмента  $B$  исходного изображения состоит из следующих последовательных этапов:

1. Вычислить среднее значение  $m(B) = \frac{1}{|B|} \sum_{i,j} b_{ij}$  элементов  $b_{ij}$  матрицы  $B$ ,  $|B|$  – число элементов матрицы  $B$ .
2. Определить количество  $n_B$  элементов  $b_{ij}$ , для которых  $|b_{ij} - m(B)| \leq T$  (порог  $T$  подбирается экспериментально).



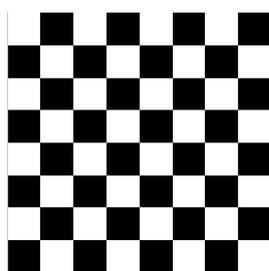
$H \approx 0,06 \cdot 10^{-3}$

*a*



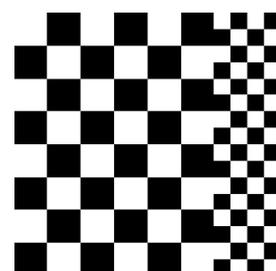
$H \approx 0,024 \cdot 10^{-2}$

*б*



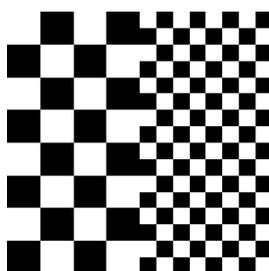
$H \approx 0,098 \cdot 10^{-2}$

*в*



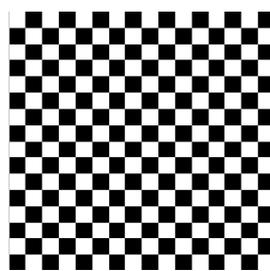
$H \approx 0,018 \cdot 10^{-1}$

*г*



$H \approx 0,024 \cdot 10^{-1}$

*д*



$H \approx 0,04 \cdot 10^{-1}$

*е*

**Рис. 2.** Тестовые изображения «шахматных досок» и соответствующие им показатели степени гетерогенности

3. Если  $n_B < k|B|$ ,  $k \in [0,1]$  – коэффициент, подбираемый экспериментально, то считать матрицу  $B$  неоднородной и произвести ее разбиение на четыре фрагмента, иначе  $L_0 = L_0 + 1$ .

$$H(A) = \frac{L_0}{|A|},$$

Очевидно, что  $\frac{1}{|A|} \leq H(A) \leq 1$ .

Таким образом, данный алгоритм позволяет построить квадродерево изображения, листьями которого являются однородные фрагменты изображения. Легко показать, что количество листьев квадродерева зависит от гетерогенности (неоднородности) исходного изображения.

На рис. 2 представлены значения показателя гетерогенности для тестовых изображений («шахматных досок») размером  $256 \times 256$  пикселей. Этот рисунок показывает, что при уменьшении размеров деталей и увеличении их количества показатель  $H$  степени гетерогенности изображения возрастает.

1. Если изображение  $A$  – однородное, то квадродерево  $Q(A)$  имеет только один лист.
2. Максимальное количество листьев соответствует максимально гетерогенному изображению и равно количеству пикселей изображения  $A$ .

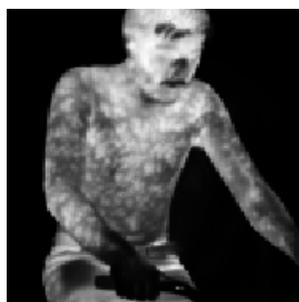
#### Оценивание гетерогенности термограмм

Поэтому естественно определить гетерогенность  $H(A)$  изображения  $A$  как величину, равную отношению числа листьев  $L_0$  квадродерева  $Q(A)$  к числу пикселей изображения  $|A|$ :

С целью усиления зависимости показателя гетерогенности от наблюдаемой «пестроты» реальных термограмм применим к ним преобразование растяжения контрастности [6]



а



б

Рис. 3. Пример растяжения контрастности. Термограмма T12: а) без контрастирования (см. рис. 1), б) с контрастированием при  $E=5$ ,  $c=190$

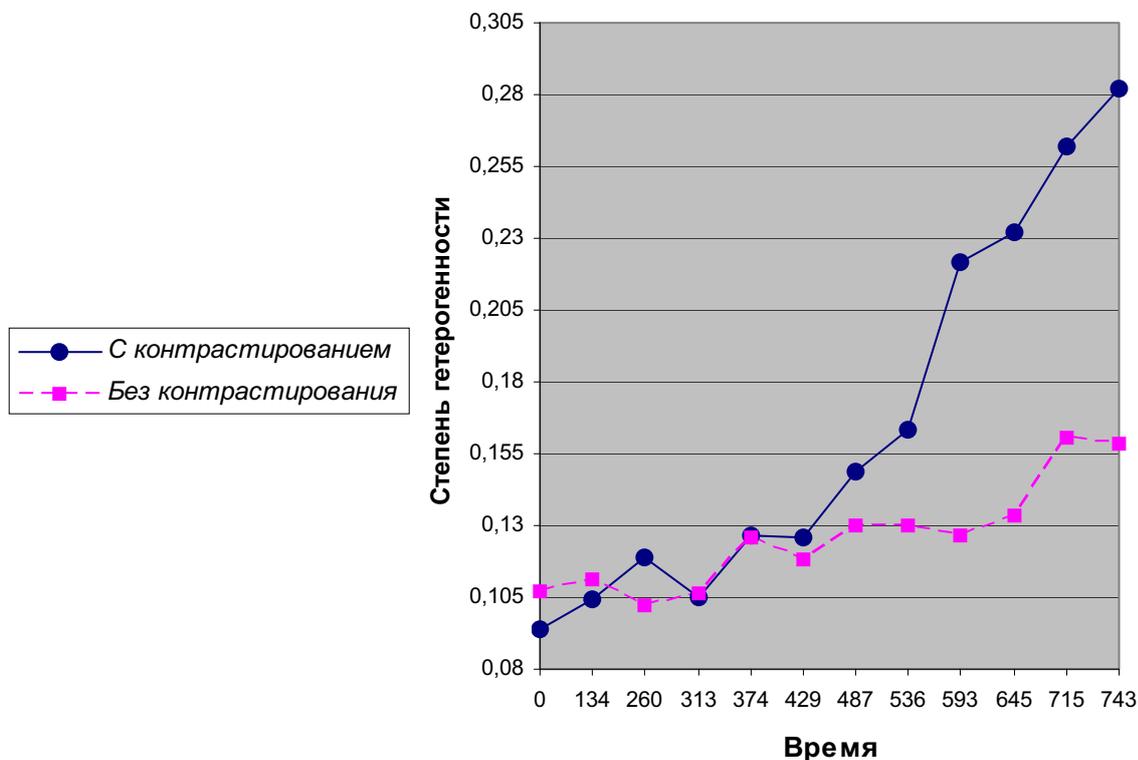


Рис. 4. Оценки гетерогенности термограмм, см. рис. 1.

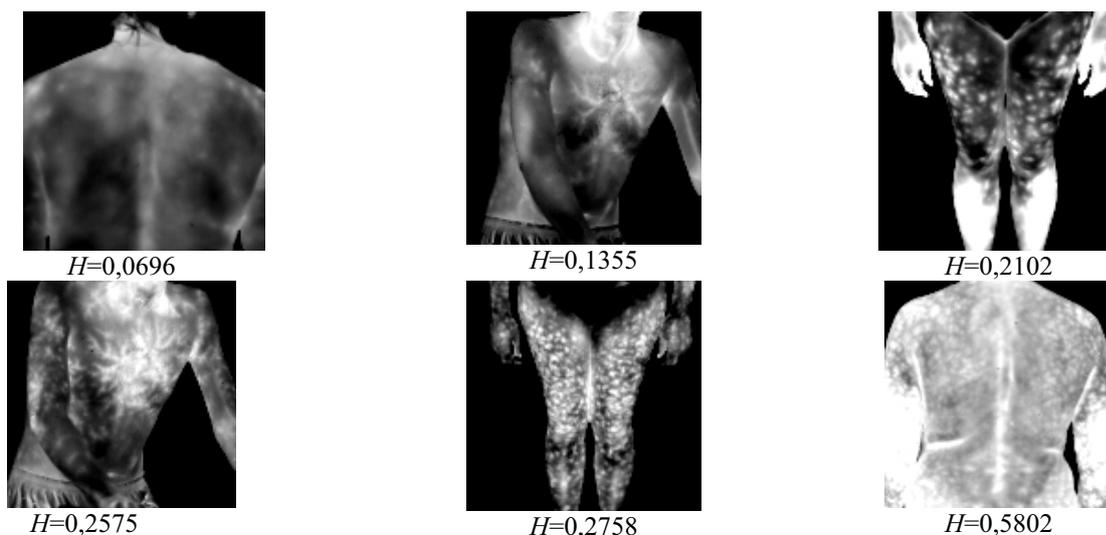


Рис. 5. Термограммы поверхности тела человека и соответствующие им показатели степени гетерогенности

$$s = \frac{1}{1 + \left(\frac{c}{r}\right)^E},$$

где  $c$  – порог контрастирования;  $r$  – яркость входного изображения;  $s$  – соответствующая яркость выходного изображения. Параметр  $E$  контролирует наклон функции. Растяжение контрастности позволяет подавить детали фона и усилить влияние мелких деталей (пятен), которые характеризуют исследуемый процесс, на результат расчета гетерогенности, рис. 3.

Если не применять метода растяжения контрастности для предобработки термограмм, то максимума отношения  $H_{\max}/H_{\min} \approx 1,4$ , где  $H_{\min}$  и  $H_{\max}$  – минимальное и максимальное значения гетерогенности для серии термограмм, рис. 1, удастся достичь при значениях  $T=6$ ,  $k=0,67$ , рис. 4. При использовании метода получаем  $H_{\max}/H_{\min} \approx 3$  при  $c=190$ ,  $E=5$ ,  $T=14$ ,  $k=0,67$ , рис. 4.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнер Б.Г. Матричное тепловидение в физиологии: Исследование сосудистых реакций, перспирации и терморегуляции у человека. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 96 с.
2. Tarikov M.S., Vainer B.G. Evaluation of a Thermogram Heterogeneity Based on the Wavelet Haar Transform // SIBCON-2007: Proc. of IEEE Int. Siberian Conf. on Control and Communications. – Tomsk, 2007. – P. 145–152.
3. Вайнер Б.Г., Москалев А.С., Тарков М.С. Применение тепловидения для качественного и количественного анализа состояния системы кровообращения // В кн.: Система кровообращения и артериальная гипертония: биофизические и генетико-физиологические механизмы, математическое и компьютер-

ное моделирование / [С.Н. Багаев, Б.Г. Вайнер, М.С. Тарков и др.]; отв. ред. Л.Н. Иванова, А.М. Блохин, А.Л. Маркель. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 252 с.

На рис. 5 представлены результаты работы предложенного метода оценивания степени гетерогенности на термограммах поверхности тела человека. Эти результаты демонстрируют адекватность полученных оценок показателя гетерогенности зрительному восприятию.

#### Заключение

Предложен метод количественного оценивания гетерогенности изображений, основанный на использовании представления исходного изображения в виде квадродерева его фрагментов. Установлена адекватность полученных оценок показателя гетерогенности зрительному восприятию. Дополнительное расширение диапазона изменения показателя гетерогенности достигнуто путем растяжения контрастности изображений для подчеркивания мелких деталей.

Авторы выражают благодарность Б.Г. Вайнеру за предоставленные термограммы.

4. Тарков М.С. Алгоритм оценивания гетерогенности термограмм на основе вейвлетных преобразований // Телевидение: передача и обработка изображений: Труды VII Междунар. конф. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 50–53.
5. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.
6. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.

Поступила 01.11.2010 г.