

РАСЧЕТ КОНТРАСТА СПЕКЛ-ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОЦЕНКЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ

Калилец Т. В., Рункевич Е. Н., Кишкевич И. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Меженная М. М. – канд. техн. наук, доцент

Для реализации различных способов и параметров расчета контраста спекл-изображений авторами в среде MatLab разработано специальное программное обеспечение SpeckleAnalyser с графическим интерфейсом. Экспериментально обоснованы параметры расчета контраста спекл-изображений, наиболее оптимальные с точки зрения соотношения пространственно-временного разрешения и времени вычислений.

Одним из перспективных направлений в изучении системы микроциркуляции является лазерная спекл-визуализация, основанная на использовании лазерного излучения для исследования биоспеклов кожи. Спекл-поле регистрируется камерой с временем экспозиции (временем интегрирования), соизмеримым со временем декорреляции спеклов (миллисекундный диапазон). Из-за длительного времени интегрирования рисунок спекл-пятна будет размытым в записанном изображении; уровень размытости определяется количественным контрастом [1-2].

Контраст изображения определяется по формуле [1]:

$$c = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2 \right)}, \quad (1)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение на основании несмещённой оценки дисперсии, \bar{x} – среднее арифметическое значение выборки из n-элементов.

Реализация расчета контраста в соответствии с формулой 1 выполнена в среде MatLab (далее – код функции из программной среды MatLab):

```
function [contrast] = calculateContrast(array, window, N)
    averagelnWindow = imfilter(array, window, 'replicate')/N;
    tempArray = imfilter( array.^2, window, 'replicate');
    skoArray = sqrt((tempArray - N*averagelnWindow.^2)/(N-1));
    contrast = skoArray./averagelnWindow;
end
```

Для реализации различных способов и параметров расчета контраста спекл-изображений авторами в среде MatLab разработано специальное программное обеспечение SpeckleAnalyser с графическим интерфейсом (рисунок 1).

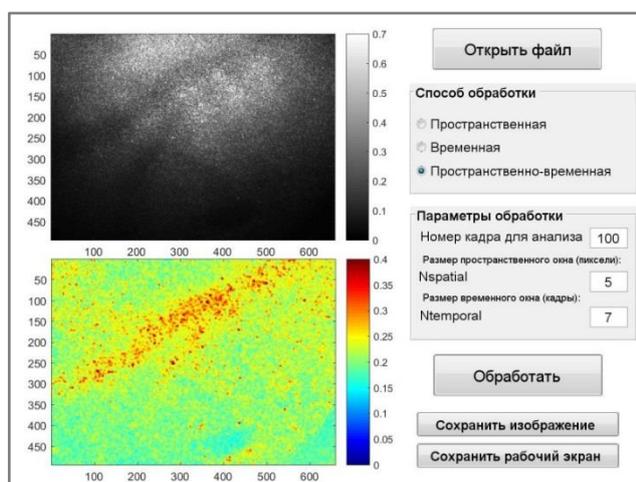


Рисунок 1 – Графический интерфейс разработанного программного обеспечения SpeckleAnalyser. В качестве примера приведены: спекл-изображение вен на запястье руки, зарегистрированное монохромной высокоскоростной камерой; контраст спекл-изображения, рассчитанный в результате пространственно-временной обработки в кубе 5x5x7

Сравнительный анализ различных способов расчета контраста спекл-изображений производился для оценки микроциркуляции крови на запястье руки (рисунки 2-4).

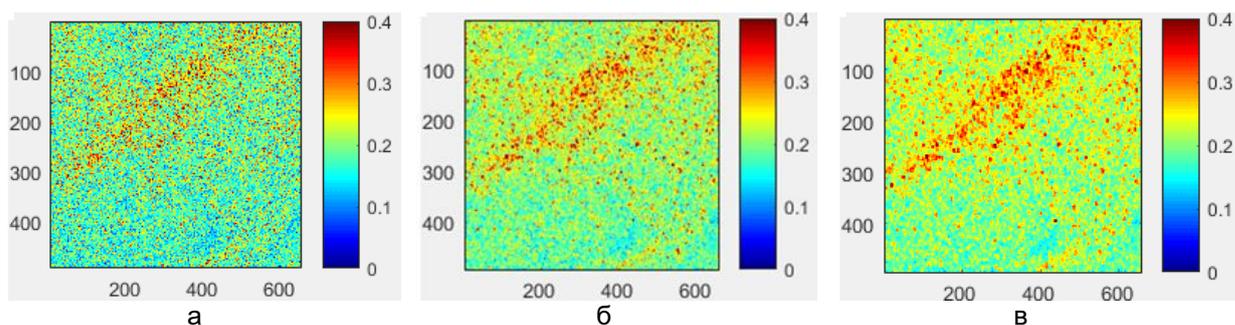


Рисунок 2 – Карта контраста, рассчитанная для спекл-изображения пространственным методом в окне 3x3 (а), 5x5 (б), 7x7 (в)

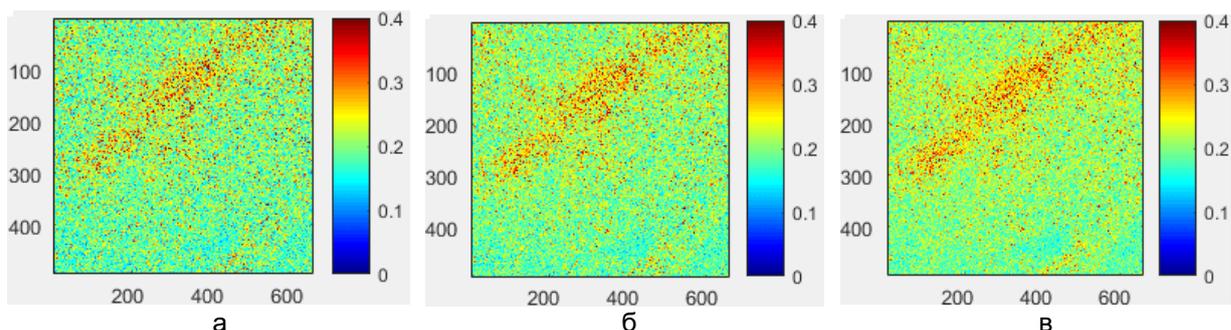


Рисунок 3 – Карта контраста, рассчитанная для спекл-изображения временным методом по 15 кадрам (а), 21 кадрам (б), 31 кадрам (в)

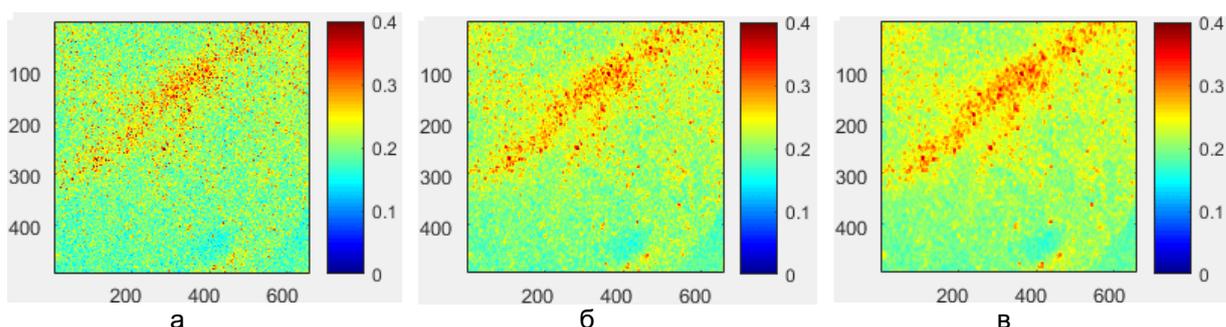


Рисунок 4 – Карта контраста, рассчитанная для спекл-изображения пространственно-временным методом в кубе 3x3x5 (а), 5x5x7 (б), 7x7x9 (в)

В результате сравнительного анализа различных параметров расчета карты контраста спекл-изображений вен на запястье руки человека наиболее показательными параметрами для каждого из методов являются:

1. пространственная обработка с размером окна 5x5;
2. временная обработка с количеством кадров, равным 21;
3. пространственно-временная обработка в кубе 5x5x7.

Наиболее продолжительным с точки зрения времени обработки является пространственно-временной способ расчета контраста (время обработки в кубе 5x5x7 составляет порядка 10 секунд и существенно возрастает при увеличении размерности куба). Установлено, что в целом пространственная обработка имеет существенный недостаток – она уменьшает пространственное разрешение спекл-изображений. Наилучшим образом топологию поверхностных кровеносных сосудов передает пространственно-временная обработка.

Список использованных источников:

1. Виленский М.А., Агафонов Д.Н., Зимняков Д.А., Тучин В.В., Задражевский Р.А. Спекл-корреляционный анализ микрокапиллярного кровотока ногтевого ложа / Квантовая электроника, Т.41, №4 (2011) – С.324-328.
2. Петров Д.А., Проскурин С.Г. Определение скорости потока по доплеровскому сдвину в оптической когерентной томографии. / Тамбовский государственный технический университет. – 2015, Тамбов, с.3-5Rüthers, B. Rechtstheorie: Begriff, Geltung und Anwendung des Rechts / B. Rüthers, Ch. Fischer. – 5. Aufl. – München : Beck, 2010. – 665 S.