

**ОЦЕНКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ
ОСНОВНЫХ АЛГОРИТМОВ LSCI**
С.К. Дик¹, Г.Г. Чистякова², Д.А. Завацкий¹, Т.В. Гордейчук¹,
М.М. Меженная¹, С.С. Дик¹

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, 220013, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2938540
E-mail: sdick@bsuir.by, zavatskida@gmail.com

²Белорусский государственный медицинский университет, пр-т. Держинского, 83,
БГМУ, 220116, Минск, Беларусь

Laser speckle contrast imaging (LSCI) allows registering the movement of particles such as red blood cells in the capillaries. This allows monitoring changes in the microcirculation of the different tissues. Thereby development of methods, software and equipment, which allows to carrying out rapid diagnosis and therapeutic procedures efficiency inspection, is an actual problem of development. The most informative data about blood flow is a real-time video. But while speckle pattern is recorded by high speed video camera, we still have computer limitations to solve high resolution 2-dimensional data in real time. In this paper, we evaluated few basic laser speckle contrast imaging computer algorithms to find the fastest and to assist in creating our own better and faster one.

В то время как Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI) алгоритмы архитектурно не сложны, перед ними поставлена цель обработки больших массивов данных (видеопоток) за короткое время. В данной работе будет проведена оценка вычислительной сложности следующих LSCI алгоритмов, схематично представленных на рисунке 1.

а) классический Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA) [1];

$$K_{\text{LASCA}} = \frac{\sigma_{i,j}}{\langle I_{i,j} \rangle}, \quad (1)$$

где $\sigma_{i,j}$ – среднеквадратичное отклонение всех пикселей пространственного окна (i, j) ; $\langle I_{i,j} \rangle$ – среднее арифметическое значение интенсивности всех пикселей пространственного окна (i, j) .

б) Temporally Derived Contrast (tLASCA) [2];

$$K_{\text{tLASCA}} = \frac{\sigma_t}{\langle I_t \rangle}, \quad (2)$$

где σ_t – среднеквадратичное отклонение всех пикселей среди временного ряда из n кадров; $\langle I_t \rangle$ – среднее арифметическое значение интенсивности всех пикселей среди временного ряда из n кадров.

в) Spatio-Temporal Laser Speckle Contrast Imaging (stLASCA) [3].

$$K_{\text{stLASCA}} = \frac{\sigma_{i,j,t}}{\langle I_{i,j,t} \rangle}, \quad (3)$$

где $\sigma_{i,j}$ – среднеквадратичное отклонение всех пикселей пространственного окна (i, j) среди временного ряда из n кадров; $\langle I_{i,j,t} \rangle$ – среднее арифметическое значение интенсивности всех пикселей пространственного окна (i, j) среди временного ряда из n кадров.

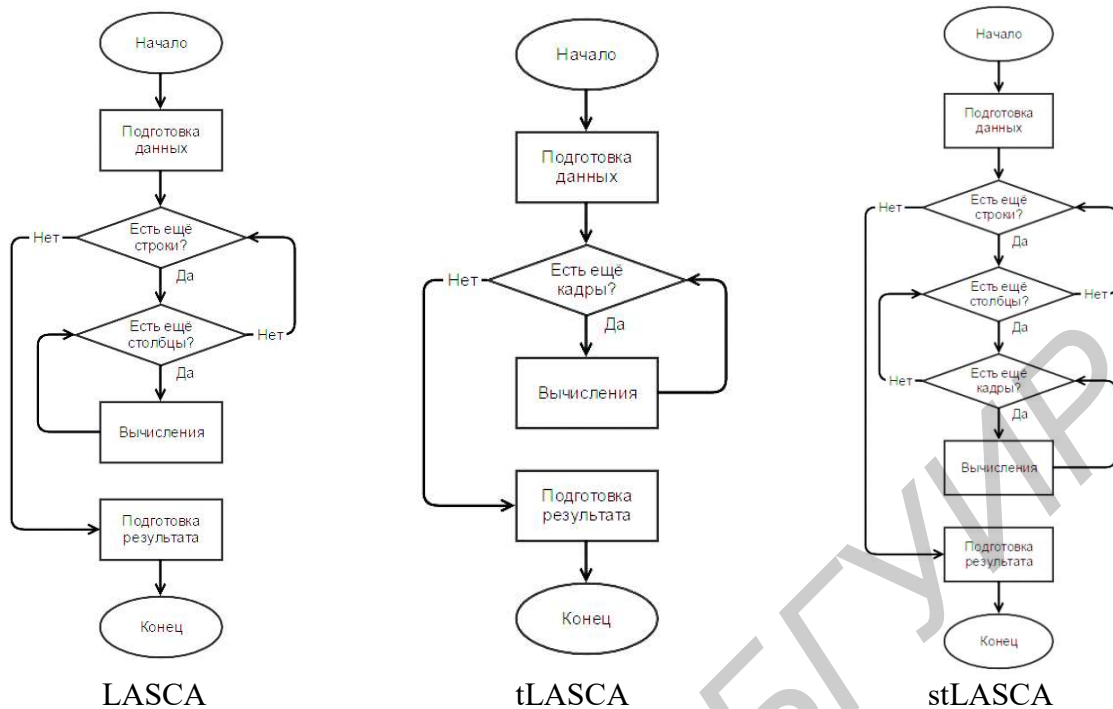


Рисунок 1 – Схематичное представление алгоритмов обработки

Каждый алгоритм был оценен теоретически, после чего реализован в виде программы с хронометром для фиксирования результатов. Результаты оценки, а также время необходимое для обработки монохромного видеоряда из 10 000 кадров VGA разрешения с помощью языка Python 2.7 и библиотеки компьютерного зрения OpenCV 2.4 на компьютере (Intel Core i7-4770, 16 Gb ОЗУ, 64 bit Ubuntu 14.04) при размере окна 5 пикселей, 5 пикселей и 5 кадров представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки и измерений

Название алгоритма	Вычислительная сложность	Время затраченное на обработку файла, сек.
LASCA	$O(N^2)$	128,08
tLASCA	$O(N)$	235,73
stLASCA	$O(N^3)$	312,87

Заключение. Результаты оценки и измерения показывают, что только tLASCA, обладая наименьшей вычислительной сложностью, применим в качестве инструмента для диагностики и исследования микроциркуляции крови. Для использования иных методов либо их комбинации необходим поиск путей оптимизации среды разработки и алгоритмов.

Литература

1. **Briers, J. D.** Laser speckle contrast analysis (LASCA): a non-scanning, full-field technique for monitoring capillary blood flow / J. D. Briers, S. Webster // J. Biomed. Opt. – 1996. – Pp. 174-179.
2. **Le, T. M.** New Insights into Image Processing of Cortical Blood Flow Monitors Using Laser Speckle Imaging / T. M. Le, J. S. Paul, H. Al-Nashash // IEEE Med. Imaging. – 2007. – Pp. 833-842.
3. **Duncan, D. D.** Spatio-temporal algorithms for processing laser speckle imaging data / D. D. Duncan, S. J. Kirkpatrick // SPIE. – 2008. – Pp. 1605-1611.