

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ОКТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Лукашевич М. М., Сасин Е. А.

Кафедра ЭВМ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: {lukashevich, sasin}@bsuir.by

В работе рассматриваются вопросы предварительной обработки ОКТ-изображений (изображения оптической когерентной томографии). Представлены некоторые результаты экспериментов по выбору цветового пространства и фильтрации данного класса изображений.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие и исследование ОКТ-метода [1], как неинвазивного прижизненного метода исследования тканей, начались в 1993 году после публикации об ОКТ-изображениях сетчатки глаза человека [2].

Следует отметить, что термин ОКТ-изображение является условным, т.к. после исследования образца тканей томограф выдает массив значений размерностью $M \times N$, а представление этих данных в виде изображения осуществляется специальным программным обеспечением.

I. ПОДХОДЫ И ТРУДНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОКТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Существует два подхода к визуализации массивов данных, получаемых с томографа, направленные на улучшение качества ОКТ-изображений.

Первый подход называется методом «нулевых задержек» или «нулевых смещений». Он заключается в том, что образец ткани или клеточный слой в этом образце располагается как можно ближе к линии нулевой задержки, т.е. он располагается на том же расстоянии, что и опорное плечо томографа. Метод «нулевых задержек» в первую очередь характерен для томографов, которые работают, основываясь на преобразовании Фурье. Он позволяет избавиться от артефакта зеркального изображения, который возникает как раз из-за этого преобразования. Выше и ниже линии нулевой задержки образуются позитивное и негативные симметричные изображения, а объект расположенный максимально близко к этой линии получается на изображении с наибольшей четкостью, т.к. он обладает наибольшей рефлексивностью. При таком подходе из-за симметричности половина изображения просто отбрасывается и обрабатывается оставшаяся половина В-скана [3, 4].

Второй подход заключается в усреднении нескольких В-сканов одного и того же образца или одного и того же участка тканей. Этот подход направлен на увеличение отношения сигнал/шум. Увеличение этого соотношения дости-

гается тем, что сигнал – это постоянная составляющая В-сканов, а шум – переменная составляющая. В результате усреднения В-сканов можно существенно повысить контрастность ОКТ-изображения [5].

В ОКТ-методе полученные изображения подвергаются зашумлению. Основными источниками шумов являются несовершенство аппаратуры и движение пациента или смещения исследуемого образца. Несовершенство аппаратуры в основном заключается в ограничении разрешающей способности томографа, что влечет за собой зернистость изображения – спекл шум [6]. На борьбу с такими шумами и направлен метод усреднения В-сканов. Когда невозможно получить несколько В-сканов образца или усреднение В-сканов является неприемлемо затратным с точки зрения времени вычислений, то можно использовать усреднение А-сканов по нескольким соседним [5].

Ключевыми задачами на этапе предварительной обработки ОКТ-изображений являются:

- 1). визуализация ОКТ-изображений с наибольшим цветовым контрастом, проецирование данных ОКТ в пространство цветов;
- 2). фильтрация шума в ОКТ-изображениях.

Задача выбора цветовой палитры для ОКТ-изображений является крайне важной, т.к. это напрямую влияет на качество (контраст, зернистость) изображения и степень детализации объектов. Сложность задачи заключается в выборе подходящей цветовой системы из большого количества цветковых систем. В данной работе поиск и анализ цветкового пространства выполняется с целью определить цветковое пространство, обеспечивающее наилучшее цветковое восприятие, а также оптимальное для распознавания патологий кожи на ОКТ-изображениях.

Присутствие на ОКТ-изображениях зашумления, обусловленного движениями пациента или смещением образца, вызывает определенные сложности на этапах фильтрации и анализа данного класса изображений. Шум ухудшает качество цифрового изображения и делает его визуальное восприятие и дальнейший анализ достаточно сложной задачей. С точки зрения за-

дач медицинской диагностики, снижается ценность ОКТ-изображений и затрудняется внедрение алгоритмов автоматической диагностики. Таким образом, задача уменьшения влияния шума на качество изображения, решение которой позволит облегчить интерпретацию и анализ результатов ОКТ исследований, является актуальной.

Есть два способа увеличения качества ОКТ-изображений, а именно аппаратная составляющая этого процесса (совершенствование физических томографов) и программная составляющая, как на наиболее перспективный путь [7].

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Коллекция ОКТ-изображений содержит 11 ОКТ-изображений кожи, полученных с помощью установки, разработанной сотрудниками института физики им. Степанова НАН Беларуси.

Формат файлов: hdf5. hdf5 – современная версия формата hdf, разработанного для хранения большого количества цифровой информации.

Содержит иерархию из двух основных типов объектов:

Datasets - наборы данных, многомерные массивы объектов одного типа;

Groups - группы, являются контейнерами для наборов данных и других групп.

Тип данных: H5T_IEEE_F64LE (double).

Группа: octimage.

Размер изображения: 512 × 1024.

Поиск и анализ оптимального цветового пространства выполнялся в рамках 19 палитр, доступных в системе Matlab R2017a. Все эти палитры могут служить параметрами команды colormap. Установлено, что для дальнейшего анализа непригодны цветовые палитры lines, colorcube, prism, flag и white в связи с очевидно плохой визуализацией структур кожи. Оценки по успешности использования остальных цветовых палитр можно сделать после реализации этапа фильтрации.

Проводилась оценка эффективности использования следующих алгоритмов фильтрации: фильтр Ли, гибридный медианный фильтр, симметричный фильтр ближайшего соседа, фильтр Куваха, адаптивный фильтр Винера, фильтр анизотропной диффузии.

При тестировании методов удаления шумов обычно проводится сравнение исходного изображения с изображением, полученным после удаления ранее наложенного шума. В случае с ОКТ-изображениями данное сравнение невозможно, т.к. они изначально формируются с присутствием шумов. Для оценки качества удаления шума на изображениях тестовой коллекции использовалось значение среднеквадратичного отклонения (СКО). Сравнились значения СКО исходного

изображения и изображения после фильтрации. Экспериментальные исследования проводились в среде Matlab2017a. Лучшие результаты показал адаптивный фильтр Винера (размер маски 5 × 5) в цветовой палитре winter (рисунок 1), далее следуют гибридный медианный фильтр (размер маски 5 × 5) и симметричный фильтр ближайшего соседа (размер маски 5 × 5).

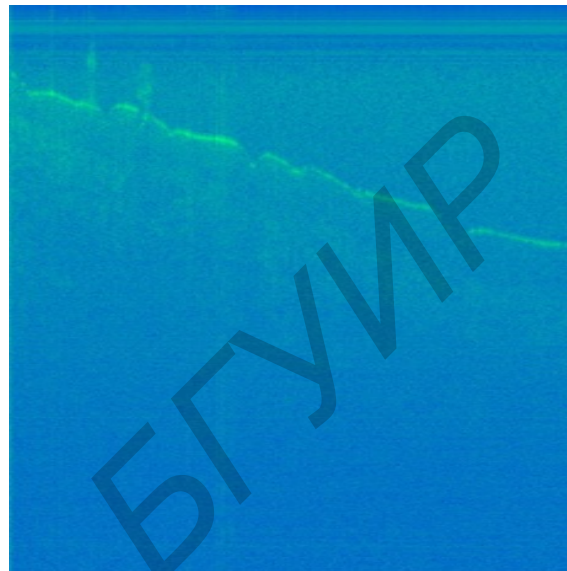


Рис. 1 – Примеры визуализации ОКТ-изображения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты являются предварительными и подлежат доработке в части, касающейся расширения коллекции указанного класса изображений и набора алгоритмов фильтрации, подлежащих исследованию.

1. Huang D., Swanson E.A., Lin C.P., Schuman J.S., Stinson W.G., Chang W., Hee M.R., Flotte T., Gregory K., Puliafito C.A., Fujimoto J.G. Optical coherence tomography // Science. 1991. V. 254. P. 1178–1181.
2. Swanson E.A., Izatt J.A., Hee M.R., Huang D., Lin C.P., Schuman J.S., Puliafito C.A., Fujimoto J.G. In vivo retinal imaging by optical coherence tomography // Opt. Lett. 1993. V. 18. № 21. P. 1864–1866.
3. Spaide R.F., Koizumi H., Pozzoni M.C. et al. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography // Am J Ophthalmol. 2008. Vol. 146. P. 496–500.
4. Margolis R., Spaide R.F. A pilot study of enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in normal eyes // Am J Ophthalmol. 2009. Vol. 147. P. 811–815.
5. Петров Д.А., Проскурин С.Г. Определение скорости потока по доплеровскому сдвигу в оптической когерентной томографии // Juvenis scientia. 2015. №1. С. 3–5.
6. Mariampillai A, Leung MK, Jarvi M, Standish BA, Lee K, Wilson BC, et al. Optimized speckle variance OCT imaging of microvasculature. Opt Lett. 2010; 35 (8): 1257–9.
7. S.N. Svetozarskiy, S.V. Kopishinskaya. Retinal Optical coherence tomography in Neurodegenerative Diseases (review). Sovremennye tehnologii v medicine 2015; 7(1): 116–123.