

МЕТОДИКА УСТРАНЕНИЯ ШУМА НА ОКТ-ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Лисовский А.Г.

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

Одинец Д.Н. – кандидат технических наук

На основе результатов экспериментального исследования методов удаления спекл-шумов на изображениях, полученных при оптической когерентной томографии, разработана методика обработки ОКТ-изображений, направленная на повышение качества изображений. Для устранения шума использованы гауссов и медианный фильтры размытия и их комбинации.

Метод оптической когерентной томографии (ОКТ) впервые был предложен в 1991 г., в настоящее время является одним из наиболее перспективных и развивающихся методов неинвазивной диагностики оптически неоднородных сред. ОКТ – это современная технология бесконтактного исследования внутренней микроструктуры объектов с высоким разрешением на глубине проникновения оптического излучения. При проведении ОКТ-исследования детектирование слоев ткани на различных глубинах основано на времени распространения волн излучателя до соответствующего слоя ткани и обратно до приемника.

Разнообразие свойств биологических тканей определяет изменения их линейных размеров в результате прикладываемого к объекту внешнего воздействия. Это ведет к различному изменению концентрации рассеивателей в биологической ткани. Для ОКТ диагностики характерно наличие спекл-шума, который можно наблюдать в виде пятен, появляющихся на структурных изображениях.

Спекл-шум носит мультипликативный характер. Данный тип шума является неотъемлемым атрибутом на изображениях полученных в ходе исследований методом оптической когерентной томографии, из-за которого разрешение и контраст изображений уменьшаются, что влияет на диагностическую ценность этого метода визуализации. Появление спекл-шума обусловлено когерентностью волн в плечах интерферометра и хаотически распределенными отражателями излучения. Такой шум, как правило, труднее удалить, т.к. интенсивность шума зависит от интенсивности изображения. Модель мультипликативного шума определяется формулой:

$$y_{ij}=X_{ij}n_i(1),$$

где y_{ij} – спекл-изображение, X_{ij} – исходное изображение, n_{ij} – негауссовский шум. Индексы i, j представляют пространственное положение на изображении.

Уменьшение спекл шума улучшает результат визуального и цифрового распознавания объектов на изображении. При использовании методов машинного обучения в анализе ОКТ данных, предварительно обработанные изображения позволяют базовой модели достичь высокой точности по сравнению с более сложной моделью, обученной на изображениях, которые не были предварительно обработаны. Подавление спекл-шума является важным этапом предварительной обработки и должно проводиться, не затрагивая важных характеристик изображения.

Для устранения шума на изображении и выделения контуров объектов применяются цифровые фильтры. В процессе фильтрации значение яркости в каждой точке исходного изображения заменяется значением, которое считается наименее искаженным помехой. Применение цифрового фильтра предполагает получение свертки изображения с определенным ядром. В работе рассматриваются гауссов и медианный фильтры, являющиеся основой комбинаций, используемых для устранения шума.

Гауссов фильтр используется для размытия изображения с целью удаления шума. При применении данного фильтра интенсивность пикселей центрального элемента в пределах ядра заменяется средневзвешенным значением окружающих пикселей. Для однозначного определения центрального элемента, размер окна должен быть нечетным. Матрица перемещается по изображению, при этом весовая функция в процессе перемещения остается неизменной.

Еще одним типом фильтров для устранения шума является медианный фильтр. Медианная фильтрация основана на замене значений отсчетов в центре окна медианным значением исходных отсчетов внутри апертуры фильтра, т.е. центральный элемент окна заменяется медианой всех элементов изображения внутри апертуры.

Применение фильтров размытия приводит к потере информации о контурах объектов на изображении. Для повышения четкости изображений в работе использовался метод выравнивания гистограмм, заключающемся в распределении яркости элементов изображения на основе анализа статистического распределения элементов изображения с различной яркостью. Гистограммы очень темных изображений характеризуются тем, что ненулевые значения гистограммы сконцентрированы около нулевых уровней яркости, а для очень светлых изображений наоборот – все ненулевые значения сконцентрированы в правой части гистограммы. Наиболее удобным для восприятия человеком будет изображение, у которого гистограмма близка к равномерному распределению. Для улучшения визуального качества к изображению надо применить такое преобразование, чтобы гистограмма результата содержала все возможные значения яркости и при этом в примерно одинаковом количестве. В результате выравнивания гистограммы в большинстве случаев существенно расширяется динамический диапазон изображения, что позволяет отобразить ранее не замеченные детали.

В ходе эксперимента были рассмотренные алгоритмы устранения шума были применены к ОКТ-снимкам. Исходный вид изображения и этого же изображения после устранения спекл-шума гаусс фильтром с ядром 5x5 представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

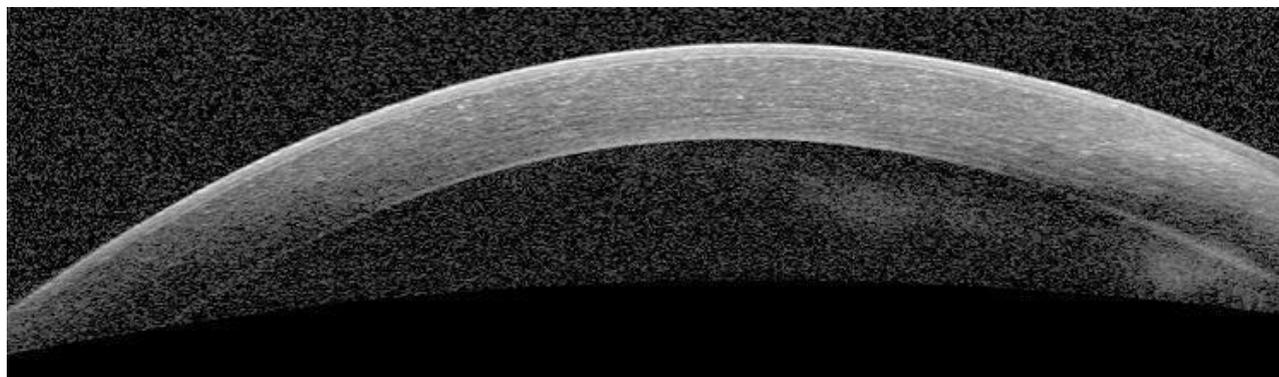


Рисунок 1 – Исходное ОКТ-изображение

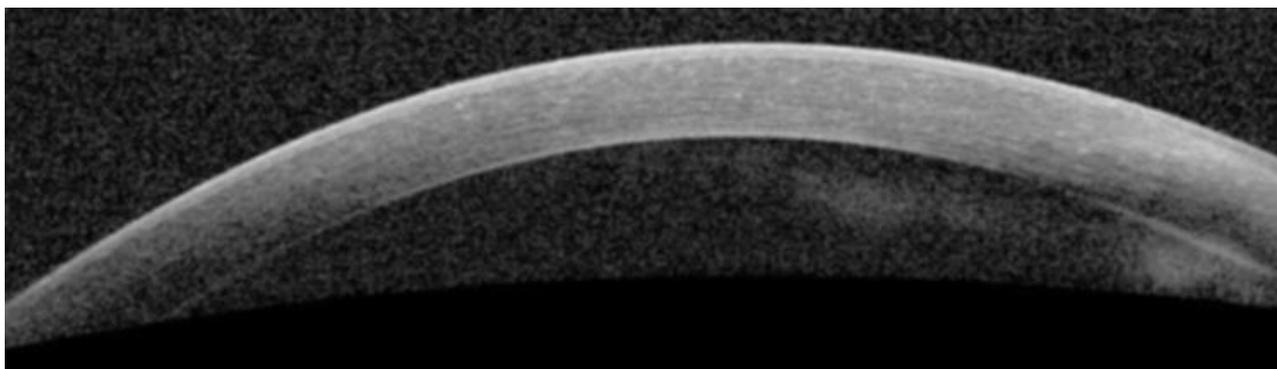


Рисунок 2 – Изображение после устранения спекл-шума гаусс фильтром с ядром 5x5

Для оценки качества обработки изображений были использованы следующие критерии: количество несовпадающих пикселей и соотношение сигнал/шум. Первый критерий отображает степень сходства между исходным и обработанным изображением, второй сравнивает уровень полезного сигнала с уровнем фонового шума. Помимо качественной оценки результатов применения фильтров оценивается время вычислений фильтра. Время вычислений (T_c) фильтра определяется как время, затрачиваемое цифровой вычислительной платформой для выполнения алгоритма фильтрации, когда на нем не запущено никакое другое программное обеспечение, кроме операционной системы.

Рассмотренные методы устранения спекл-шума на практике были применены к набору ОКТ-снимков сетчатки глаза, вычислены значения приведённых метрик качественной оценки изображений и зафиксировано время выполнения программного модуля. Полученные результаты отражают зависимость качества обработки изображений от параметров фильтра и количества итераций их применения. Повысить качество позволяет применение комбинаций фильтров, в качестве одного из элементов которых выступает гаусс фильтр. Отмечен прирост времени необходимого на обработку изображения при применении нескольких фильтров к изображению, что необходимо учитывать при единовременной обработке большого количества изображений.

Список использованных источников:

1. P.S. Hiremath, Prema T. Akkasaligar, Sharan Badiger. Speckle Noise Reduction in Medical Ultrasound Images [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intechopen.com/books/advancements-and-breakthroughs-in-ultrasound-imaging/speckle-noise-reduction-in-medical-ultrasound-images/>. – Дата доступа: 10.04.2020.
2. Галёв К.И.С., Проскурин С.Г. УМЕНЬШЕНИЕ СПЕКЛ-ШУМОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СТРУКТУРНОГО ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЯ // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 4-3. – С. 479-483
3. Бобкова А.О., Поршнева С.В., Зюзин В.В., Бобков В.В. Исследование методов удаления спекл-шумов на ультразвуковых изображениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.graphicon.ru/html/2013/papers/244-246.pdf> – Дата доступа: 10.04.2020.