

# АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЭКССУДАТА В ИЗОБРАЖЕНИИ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА

Мусса Авалдугубах<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШХБМТ, аспирант,  
e-mail: [ma04@tpu.ru](mailto:ma04@tpu.ru).

Научный руководитель: Губарев Ф.А., д.т.н., ведущий научный сотрудник ИШХБМТ ТПУ

## Введение

Диабетическая ретинопатия (ДР) – это хроническое прогрессирующее заболевание микрососудов сетчатки, поражающая пациентов, длительное время страдающих сахарным диабетом, и являющаяся распространенной причиной слепоты [1]. При выявлении заболевания на ранней стадии, лечение может замедлить прогрессирование диабетической ретинопатии. Обнаружение болезни на ранней стадии является сложной задачей, так как ДР часто не имеет признаков раннего предупреждения. Ранние признаки ДР – это повреждение кровеносных сосудов, а затем формирование поражений.

Экссудаты, распространенная патология сетчатки у больных сахарным диабетом – это светлые липиды, возникающие в результате утечки крови из кровеносных сосудов. Утечка жидкости, как правило, находится недалеко от области поражения и дает хорошо очерченный образ, подходящий для компьютерного анализа.

Целью данной работы является обнаружение экссудатов на изображениях сетчатки.

## Разделение истинных и ложных экссудатов

Использовалась открытая база данных [2], состоящая из 89 цветных изображений глазного дна, из которых 84 содержат как минимум легкие непролиферативные признаки (микроаневризмы) диабетической ретинопатии, а 5 считаются нормальными и не содержат никаких признаков диабетической ретинопатии по мнению всех экспертов, участвовавших в исследовании.

Светлые пятна, регистрируемые на изображении сетчатки, могут соответствовать реальным экссудатам или визуализироваться как ложные экссудаты, являясь результатом засветки в произвольных точках.

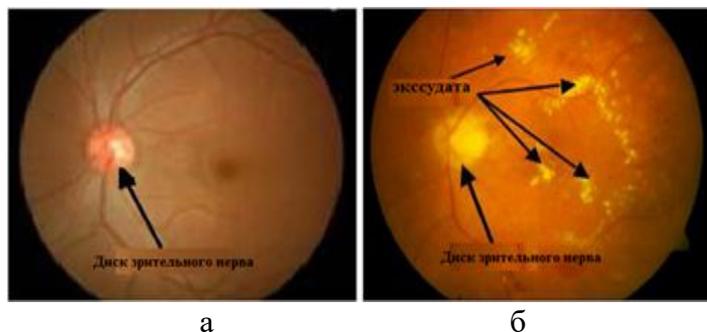


Рис. 1. Нормальное (а) и ненормальное (б) изображения сетчатки глаза

В настоящей работе используется текстурный анализ (метод на основе статистической меры), основанный на статистических свойствах суммарной гистограммы. Один класс таких мер основан на статистических моментах, когда предлагается шесть текстур для каждой области: средняя интенсивность (среднее), средняя контрастность (стандартное отклонение), гладкость, третий момент, однородность и энтропия. Порядок текстурного анализа представлен ниже.

$$\text{Подразумеваем } (m) \sum_{i=0}^{L-1} ZiP(Zi);$$
$$\text{Стандартное отклонение } \sigma = \sqrt{\mu_2(Z)};$$
$$\text{Гладкость } R = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2};$$

$$\text{Третий момент } (\mu_3) = \sum_{i=0}^{L-1} (Z_i - m)^3 P(Z_i);$$

$$\text{Однородность } (U) = \sum_{i=0}^{L-1} P^2(Z_i);$$

$$\text{Энтропия} = - \sum_{i=0}^{L-1} P(Z_i) \log P(Z_i),$$

где  $Z_i$  – переменная, указывающая интенсивность в точке ( $i$ );  $p(z)$  – гистограмма уровней интенсивности в области;  $L$  – число возможных уровней яркости.

Энтропия ложных экссудатов выше, чем реальных экссудатов. Это также справедливо для функций контраста и средней интенсивности. С другой стороны, у ложных экссудатов область наименее гладкая и менее равномерная, как показали значения меры гладкости и однородности. Текстуры из каждой области значительно отличаются у истинных и ложных экссудатов, как показано в Таблице 1.

После обнаружения ложный экссудат удаляется, для этого определяются его края и размер области с использованием алгоритма выделения связных областей. Все ложные экссудаты исключаются согласно их размеру и местоположению. На обработанном изображении оставляются только реальные экссудаты, а также осуществляется вывод количества экссудатов и количества пикселей в каждом экссудате.

Таблица 1

*Текстуры для изображения сетчатки*

Текстура	Верные экссудатов	Ложные экссудатов
Средняя	5.6777	1.8016
Контраст	37.6241	21.3582
Гладкость	0.0213	0.0070
Третий момент	5.3041	1.7636
Однородность	0.9565	0.9860
Энтропия	0.1540	0.0606

### Разработка алгоритма

Предложенный алгоритм был написан для автоматического обнаружения оптических дисков и экссудатов на изображениях сетчатки (рисунок 2). Алгоритм разработан на основе изображений глазного дна, представляющий изображения в цветовом пространстве RGB. Он позволяет изучать отдельно разные каналы и получать спектральный состав. Каждый канал (красный, зеленый и синий) имеет значение интенсивности в диапазоне от 0 до 255, как это широко используется в задачах цифровой обработки изображений [3-5].

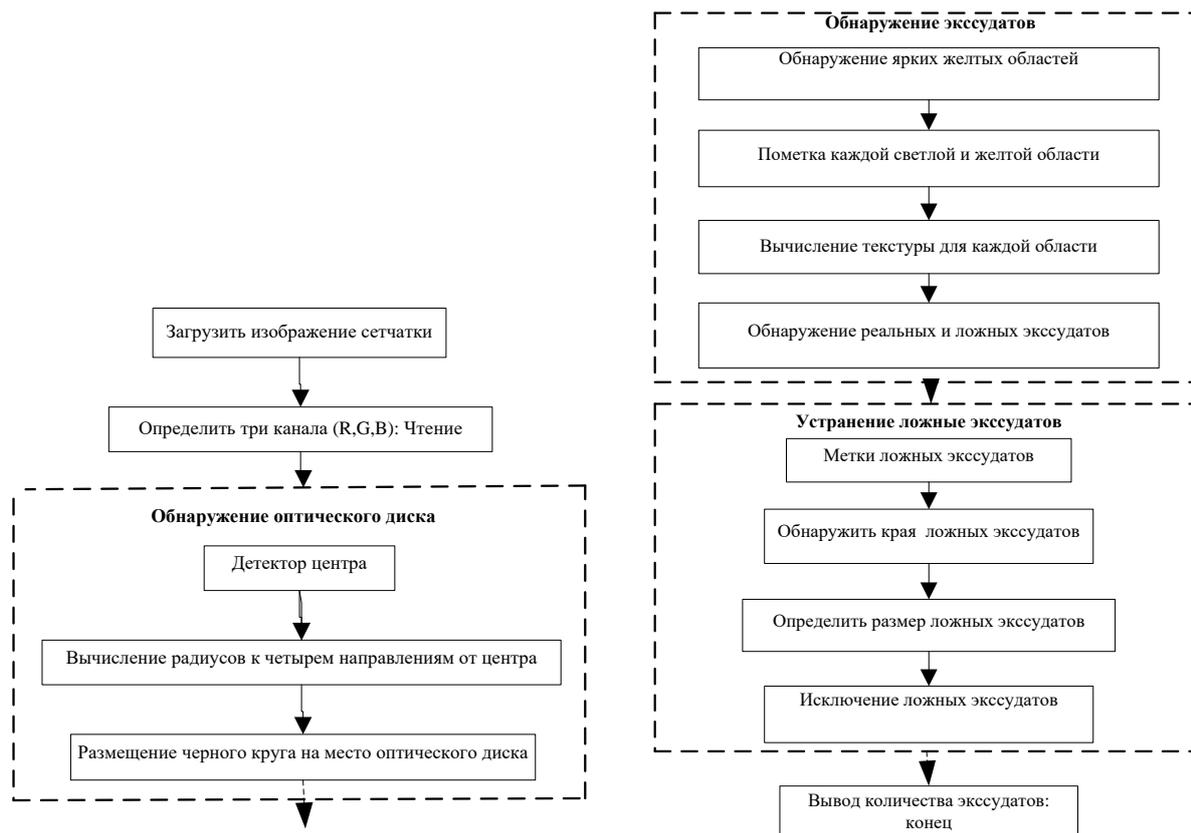


Рис. 2. Алгоритм обнаружения эксудатов

## Заключение

В данном докладе представлены алгоритм обнаружения эксудатов и метод автоматизированной обработки изображений, использующие интенсивность цвета, градиенты и текстуры изображения на фотографии глазного дна. Для тестирования методики использовались изображения из стандартной базы данных [2]. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что текстуры всех реальных эксудатов похожи, но они значительно отличаются от текстур ложных эксудатов. Полагаем, что разработанный алгоритм является перспективным, так как позволяет обнаружить точное положение всех выпотов.

## Список использованных источников

1. Межрегиональная общественная организация «ассоциация врачей-офтальмологов» федеральные клинические рекомендации, диагностика и лечение диабетической ретинопатии и диабетического макулярного отека, Москва 2013. <https://www.mz19.ru/upload/iblock/a86/diabret.pdf> (дата обращения 24.11.2022).
2. DIARETDB1 - Standard Diabetic Retinopathy Database (стандартной базы данных диабетическая ретинопатия) <https://www.it.lut.fi/project/imageret/diaretdb1/index.html> (дата обращения 27.10.2022).
3. Akara et al, "Fine Exudate Detection using Morphological Reconstruction Enhancement", International Journal of Applied Biomedical Engineering. – 2010. – Vol. 1, No. 1.
4. Hoover A. and Goldbaum M. Locating the optic nerve in a retinal image using the fuzzy convergence of the blood vessels // IEEE Trans. Med. Imag. – 2003. – Vol. 22, No. 8. – P. 951–958.
5. Sopharak A. and Uyyanonvara B. Automatic Exudates Detection from Non-dilated Diabetic Retinopathy Retinal Images Using Fuzzy C-means Clustering // Sensor. – 2009. – Vol. 9, No. 3. – P. 2148-2161.