

УДК 004.932

## ВЫДЕЛЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ЗОН НА ИЗОБРАЖЕНИИ ГЛАЗНОГО ДНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

© Климов И.А.<sup>1</sup>, Ильясова Н.Ю.<sup>1,2</sup>, Широқанёв А.С.<sup>1,2</sup>

e-mail: klimov.ilya.05@gmail.com

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

<sup>2</sup>Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография  
и фотоника» РАН, г. Самара, Российская Федерация

В данной статье предметом исследований является класс изображений глазного дна с патологическими отклонениями на различных этапах. Диабетическая ретинопатия является заболеванием, которое характеризуется наличием экссудатов и как следствие утолщением сетчатки [1]. Изображение глазного дна с патологией содержит в общем 4 класса объектов: толстые, тонкие сосуды, здоровые участки и экссудаты (рис.).

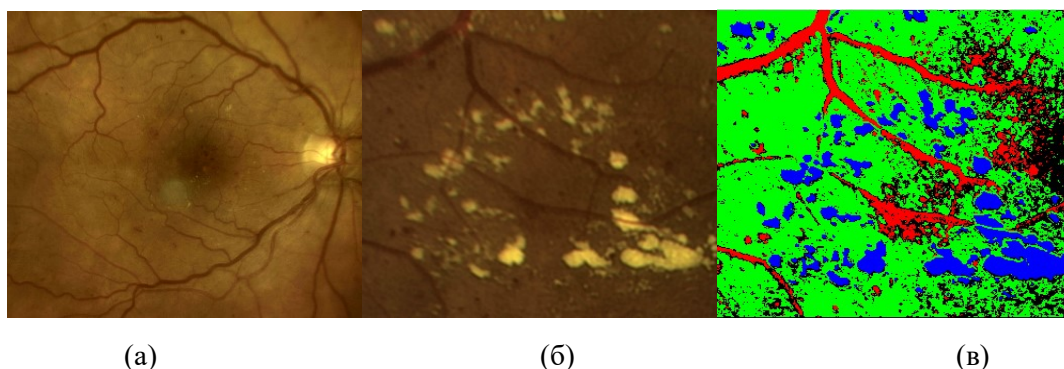


Рис. Изображение глазного дна без патологии (а), с патологией (б), сегментированное (в)

Наиболее предпочтительным методом классификации объектов является свёрточная нейронная сеть [2,3]. Свёрточная нейронная сеть обучалась на сбалансированной выборке, которая содержала 543 изображения. Исходная выборка состояла из 75% обучающих изображений и тестовых. Точность обучения достигла 99,3%.

Таблица 1. Архитектура свёрточной нейронной сети.

N	Слои	Параметры	N слоя	Слои	Параметры
1	Convolutional	300 нейронов	3	Activation	Функция: RELU
1	Activation	Функция: RELU	4	Convolutional	150 нейронов
2	Convolutional	300 нейронов	4	Activation	Функция: RELU
2	Activation	Функция: RELU	4	MaxPooling	Размер 2×2
2	Dropout	0,5	4	Dropout	0.5
2	MaxPooling	Размер 2×2	5	Fully-connected	4
3	Convolutional	150 нейронов	5	Activation	softmax

Для проведения экспериментов были сформированы выборки, содержащие указанные выше 4 класса изображений размером 12×12, на котором достигается наилучший результат тестирования CNN. В настоящем исследовании технология глубокого обучения применялась для сегментации изображений глазного дна (рис.1в) [4]. Была использована оценка врача-эксперта в качестве эталонного изображения для оценки

ошибки сегментации. Исследования производились на классе экссудатов, которые были выделены в отдельное изображение. Ошибка сегментации области с патологией, проводимой с использованием технологии CNN, вычислялась относительно оценки эксперта. Результат сравнения выделенных зон экссудатов (CNN и эксперта) представлен в таблице 2.

Таблица 2. Доля зон экссудатов на изображении.

Зоны	Доля зоны экссудатов, %
Зона экссудатов на изображении эксперта	9
Зона экссудатов на изображении CNN	15
Общая зона экссудатов	95.6
Зона экссудатов эксперта, которой нет у CNN	0.4
Зона экссудатов CNN, которой нет у эксперта	6

На основе указанных в таблице данных была определена ошибка сегментации на классе экссудатов:  $E = (k + t) / NM$ , где  $NM$  – размер изображения,  $k$  – количество пикселей, которые CNN не распознала, как экссудаты, но они присутствуют на изображении эксперта,  $t$  – количество пикселей, которые CNN распознала, как экссудаты, однако они не присутствуют на изображении эксперта, и составила 7%. Ошибка первого рода:  $E_1 = l / F$ , где  $l$  – количество ложно определенных классов-экссудатов,  $F$  – общее количество пикселей с экссудатами по изображению эксперта составила 5%.

#### Заключение

В данной работе была применена свёрточная нейронная сеть для анализа изображения глазного дна. Была подобрана архитектура свёрточной нейронной сети, которая обеспечила ошибку тестирования не больше 4%. Размер ядра свёртки был выбран  $3 \times 3$ . CNN обучалась на изображениях размерности  $12 \times 12$ , на которой был достигнут наилучший результат тестирования CNN. В настоящей работе была произведена сегментация входного изображения, при этом свёрточная нейронная сеть с большой точностью смогла определить все классы, на которых производилось обучение. Ошибка сегментации была рассчитана на классе экссудатов, поскольку данный класс является ключевым при проведении операции лазерной коагуляции.

#### Благодарности

*Работа выполнена при поддержке Федерального агентства научных организаций (соглашение № 007-ГЗ/ЧЗ363/26); Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы повышения конкурентоспособности Самарского Университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 годы; грантов РФФИ № 16-41-630761, № 17-01-00972, 19-29-01135.*

#### Библиографический список

1. Шадричев. Ф.Е. Диабетическая ретинопатия // Современная оптометрия. – 2008. – Т. 36, №4. – С. 8-11.
2. CNNs Architectures: LeNet, AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet and more [Электронный ресурс] // Medium. – Electronic data. – 2017. – URL: [https://medium.com/@siddharthdas\\_32104/cnns-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5](https://medium.com/@siddharthdas_32104/cnns-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5) (дата обращения: 10.08.2017).
3. Введение в машинное обучение с помощью Python: руковод. для специалистов по работе с данными / А. Мюллер [и др.]; под ред. С. Гвидо. – М.: O'Reilly Media, 2017. – 392 с.
4. Pyasova, N. A smart feature selection technique for object localization in ocular fundus images with the aid of color subspaces / Pyasova, N, Paringer R, Shirokanev A, Kupriyanov A, Ushakova N. // Procedia Engineering 2017; 201: 736-745. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.599.