

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-3-21-27>

# Алгоритм искусственного интеллекта для сегментации патологических структур на сканах оптической когерентной томографии сетчатки глаза

Аналитический обзор

**Е.А. Каталевская<sup>1</sup>, А.Ю. Сизов<sup>1,2</sup>, Л.И. Гилемзянова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ООО «Диджитал Вижн Солюшнс»; д. 8Б, ул Центральная, п. Внуково, Москва 119027, Россия

<sup>2</sup> ВГБОУ ВО «Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева»; 24, корп. 1, ул. Минина, Нижний Новгород, 603950, Россия

**Контакт:** Каталевская Евгения Алексеевна, [ekatalevskaya@mail.ru](mailto:ekatalevskaya@mail.ru)

## Аннотация:

Данная статья посвящена разработке алгоритма сегментации признаков кистозного макулярного отека (в том числе диабетического макулярного отека), возрастной макулярной дегенерации (хориоидальной неоваскуляризации и ретинальных друз), центральной серозной хориоретинопатии и эпиретинальной мембраны на сканах структурной оптической когерентной томографии (ОКТ). В работе представлена мировая статистика больных, имеющих указанные патологии, и их потребности в регулярном офтальмологическом скрининге. В качестве решения проблемы регулярного скрининга предложено применение приложений телемедицины. С помощью искусственного интеллекта определяются основные визуальные признаки указанных патологий, выявляемые на цифровых сканах структурной ОКТ сетчатки глаза. Представлен перечень научно-технических задач, которые требовалось решить: сбор обучающей базы данных, разметка данных и выбор архитектур искусственных нейронных сетей для задач сегментации признаков. Описан процесс валидации работы алгоритма и представлены текущие результаты.

**Ключевые слова:** диабетический макулярный отек; кистозный макулярный отек; возрастная макулярная дегенерация; хориоидальная неоваскуляризация; ретинальные друзы; центральная серозная хориоретинопатия; эпиретинальная мембрана; искусственные нейронные сети; система поддержки принятия врачебных решений; сегментация.

**Для цитирования:** Каталевская Е.А., Сизов А.Ю., Гилемзянова Л.И. Алгоритм искусственного интеллекта для сегментации патологических структур на сканах оптической когерентной томографии сетчатки глаза. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(3):21-27; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-3-21-27>

**Artificial intelligence algorithm for segmentation of pathological structures on optical coherence tomography scans**

Analytical review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-3-21-27>

**E.A. Katalievskaya<sup>1,2</sup>, A.Yu. Sizov<sup>1</sup>, L.I. Gilemzianova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Digital Vision Solutions LLC, 8B, Tsentralnaya st., Vnukovo, Moscow 119027, Russia

<sup>2</sup> Nizhny Novgorod State Technical University R.E. Alekseeva, 24, bldg. 1, st. Minina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia

**Contact:** Evgenia A. Katalievskaya, [ekatalevskaya@mail.ru](mailto:ekatalevskaya@mail.ru)

This article is devoted to the development of an algorithm for segmentation of visual signs of cystoid macular edema (including diabetic macular edema), age-related macular degeneration (choroidal neovascularization and retinal drusen), central serous choroidopathy and epiretinal membrane on optical coherence tomography (OCT) images. The paper presents the world statistics of patients with these pathologies, and their needs for regular ophthalmological screening. As a solution to the problem of regular screening, the use of telemedicine applications has been proposed. With the help of artificial intelligence, the main visual signs of these pathologies are determined, which are detected on digital OCT images of the retina. A list of scientific and technical problems that needed to be solved is presented: the collection of a training database, data markup and the choice of artificial neural network architectures for feature segmentation problems. The algorithm validation process is described and the current results are presented.

**Key words:** diabetic macular edema; cystoid macular edema; age-related macular degeneration; choroidal neovascularization; retinal drusen; central serous choroidopathy; epiretinal membrane; artificial neural networks; medical decision support system; segmentation.

**For citation:** Katalovskaya E.A., Sizov A.Yu., Gilemzianova L.I. Artificial intelligence algorithm for segmentation of pathological structures on optical coherence tomography scans. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(3)21-27; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-3-21-27>

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Старение населения, увеличение продолжительности жизни и неблагоприятные изменения в образе жизни, такие как нездоровое питание и снижение физической активности в развитых странах, вероятно, в будущем приведут к увеличению распространенности различных глазных заболеваний. В первую очередь это касается заболеваний сетчатки [1]. Прогнозируется, что к 2040 г. в мире у 288 миллионов человек может развиться возрастная макулярная дегенерация (ВМД), клинически характеризующаяся друзами, изменением пигментного эпителия сетчатки, хориоидальной неоваскуляризацией (ХНВ), кровоизлияниями, экссудацией и на поздних стадиях географической атрофией [2, 3, 4].

Ведущей глобальной причиной потери зрения во многих странах считается диабетическая ретинопатия (ДР) [5]. Согласно исследованиям отмечается, что число взрослых людей с ДР во всем мире вырастет с 103,12 млн. в 2020 г. до 160,50 млн. к 2045 г., а ДР, угрожающая зрению, возрастет с 28,54 млн в 2020 г. до 44,82 млн к 2045 г. [6]. Диабетический макулярный отек (ДМО) – офтальмологическое осложнение сахарного диабета, ведущее к потере центрального зрения, встречающееся как на ранних, так и на поздних стадиях ДР [7].

Другой патологией, приводящей к снижению зрения с возрастом, является эпиретинальная мембрана (ЭРМ). ЭРМ представляет собой преретинальное скопление коллагеновых клеток различной этиологии [8]. Данная патология чаще

встречаются у пожилых людей, при этом патологоанатомические исследования показывают распространенность у лиц в возрасте 50 лет составляет 2% и до 20% у лиц в возрасте 75 лет. ЭРМ может носить идиопатический характер, а также может быть связана с различными глазными заболеваниями: задняя отслойка стекловидного тела (ЗОСТ) (частота 75-93%), разрывы и отслойки сетчатки, ДР, ДМО, воспалительные и сосудистые заболевания сетчатки. Формирование ЭРМ без ЗОСТ может предрасполагать к витреомакулярному тракционному синдрому с развитием макулярного отека [9].

Еще одним распространенным заболеванием сетчатки является центральная серозная хориоретинопатия (ЦСХ), при котором возникает серозная отслойка нейроэпителия (НЭ) над зоной просачивания из хориокапилляров через ПЭС [10]. ЦСХ чаще встречается в возрасте 20-55 лет, однако, ее можно диагностировать и в пожилом возрасте. Интересно, эти пожилые пациенты более склонны к ХНВ [11].

Помимо вышеперечисленных заболеваний сетчатки, в практике врача-офтальмолога нередко встречается кистозный макулярный отек при окклюзии центральной вены сетчатки и ее ветвей, пигментном ретините, после хирургии катаракты (синдром Ирвина-Гасса) и др. [12].

Золотым стандартом диагностики заболеваний сетчатки считается оптическая когерентная томография (ОКТ). Благодаря ОКТ можно получить послойную картину сетчатки *in vivo* с разрешением 5–7 микрон и идентифицировать даже небольшие изменения, характерные для началь-

ной стадии ретиальной патологии [13]. Поэтому для врачей-офтальмологов крайне важно точно интерпретировать изображения ОКТ.

Принимая во внимание текущие тенденции роста, старения населения планеты встает вопрос о раннем выявлении и профилактике заболеваний сетчатки, однако, система здравоохранения может оказаться не в состоянии справиться с растущим бременем. Поэтому офтальмологическая служба нуждается в автоматическом, быстром, экономичном, но при этом высокочувствительном и специфичном методе выявления патологии глазного дна. Платформы на основе искусственного интеллекта (ИИ) могут стать потенциальным дополнением к диагностике и лечению заболеваний сетчатки в практике врача-офтальмолога.

**Целью данного исследования** является разработка алгоритма сегментации визуальных признаков кистозного макулярного отека (в том числе ДМО), ВМД (ретиальных друз и ХНВ), ЦСХ и ЭРМ на цифровых сканах ОКТ сетчатки глаза. Для сегментации выбраны следующие патологические признаки: интравитреальные кисты, субретинальная жидкость, субретинальный гиперрефлективный материал, отслойка ретиального пигментного эпителия, эпиретиальная мембрана, ретиальные друзы.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить ряд научно-технических задач:

1. Сбор и подготовка базы медицинских данных – цифровых сканов структурной ОКТ сетчатки глаза.

2. Разметка медицинских данных. Размечаемые признаки: интравитреальные кисты, субретинальная жидкость, субретинальный гиперрефлективный материал, отслойка ретиального пигментного эпителия, эпиретиальная мембрана, ретиальные друзы.

3. Построение и обучение алгоритма ИИ на базе размеченных данных. Реализация нейронных сетей и процесс их обучения осуществляется с помощью фреймворка глубокого обучения TensorFlow. Данный фреймворк имеет большой функционал с точки зрения построения архитектур нейронных сетей и оптимизирован для работы с GPU (графические вычислительные ядра).

4. Оценка параметров точности работы алгоритма на валидационной базе данных.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Обучающие и тестовые данные

В ходе разработки алгоритмов машинного обучения используются большие массивы данных. Все данные подразделяются на обучающую и тестовую базу. Обучающая база служит непосредственно для разработки алгоритма, тестовая – для проверки точности его работы. При этом очень важно, чтобы данные из обучающей базы не попали в тестовую.

В качестве обучающей и валидационной баз данных использовались цифровые сканы ОКТ сетчатки глаза из открытой базы данных «Labeled Optical Coherence Tomography (OCT) for Classification» [14].

Объем обучающей базы данных составил 3500 сканов ОКТ. Объем валидационной базы данных составил 650 сканов ОКТ. Наличие патологических изменений были валидированы врачами-офтальмологами.

### Разметка данных

Разметка проводилась вручную врачами-офтальмологами путем выделения полигоном соответствующего участка изображения с одним из признаков. Размечались следующие признаки: интравитреальные кисты, субретинальная жидкость, субретинальный гиперрефлективный материал, отслойка ретиального пигментного эпителия, эпиретиальная мембрана, ретиальные друзы.

На рисунке 1 представлен пример разметки признаков «Интравитреальные кисты», ➡

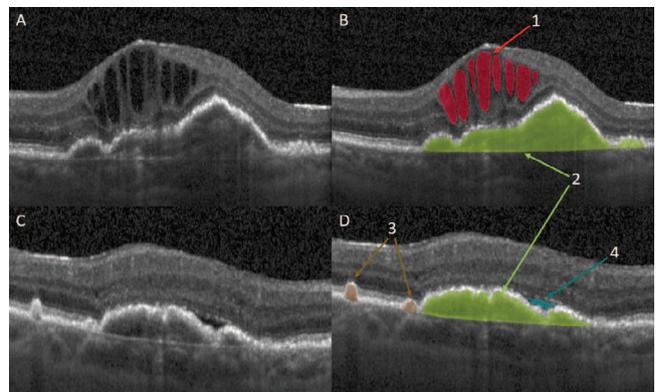


Рис. 1. Разметка признаков «Интравитреальные кисты», «Субретинальная жидкость», «Ретиальные друзы», «Отслойка ретиального пигментного эпителия»: А, С – сканы ОКТ без разметки; В, D – сканы ОКТ с размеченными признаками патологий. 1 – «Интравитреальные кисты», 2 – «Отслойка ретиального пигментного эпителия», 3 – «Ретиальные друзы», 4 – «Субретинальная жидкость»  
Fig. 1. Marking of signs «Intraretinal cysts», «Subretinal fluid», «Retinal pigment epithelium detachment»: А, С – OCT images without marking; В, D – OCT images with marked signs of pathologies. 1 – «Intraretinal cysts», 2 – «Retinal pigment epithelium detachment», 3 – «Retinal drusen», 4 – «Subretinal fluid»

«Субретинальная жидкость», «Ретинальные друзы», «Отслойка ретинального пигментного эпителия».

**Архитектура алгоритма**

Алгоритм сегментации визуальных признаков патологий на цифровых сканах ОКТ сетчатки глаза представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Алгоритм сегментации визуальных признаков патологий на цифровых сканах ОКТ сетчатки глаза  
Fig. 2. Segmentation algorithm for signs of pathologies on digital OCT images of the retina

Для обучения искусственных нейронных сетей, применяемых в системе, формируется набор обучающих данных, состоящий из размеченных сканов ОКТ сетчатки глаза. Визуальные признаки патологий (интратретинальные кисты, субретинальная жидкость, субретинальный гиперрефлективный материал, отслойка ретинального пигментного эпителия, эпиретинальная мембрана, ретинальные друзы) размечаются многоугольниками.

В алгоритме применяется сегментационная искусственная нейронная сеть для решения задачи семантической сегментации визуальных признаков патологий сетчатки глаза.

Цифровые сканы ОКТ сетчатки глаза имеют удовлетворительную контрастность, позволяющую не использовать дополнительную предобработку изображения для улучшения видимости выбранных признаков патологий.

Изображения подаются на вход сегментационной искусственной нейронной сети измененные до размера 480x480 пикселей.

Ввиду разнородности структур сегментируемых визуальных признаков патологий сетчатки глаза задача семантической сегментации является достаточно сложной. Данная задача решается применением актуальных и производительных архитектур искусственных нейронных сетей. В качестве основы для архитектуры нейронной сети используется архитектура EfficientNetB0 + FPN с модификациями структуры [12, 13]. По маскам, полученным в результате сегментации признаков, определяются координаты точек контуров найденных признаков и оцениваются параметры контуров, например, количество признаков. Полученные параметры контуров могут быть использованы для реализации рекомендаций по проведению дифференциальной диагностике пациента. На рисунке 3 представлен пример сегментации алгоритмом ИИ патологических признаков на сканах структурной ОКТ.

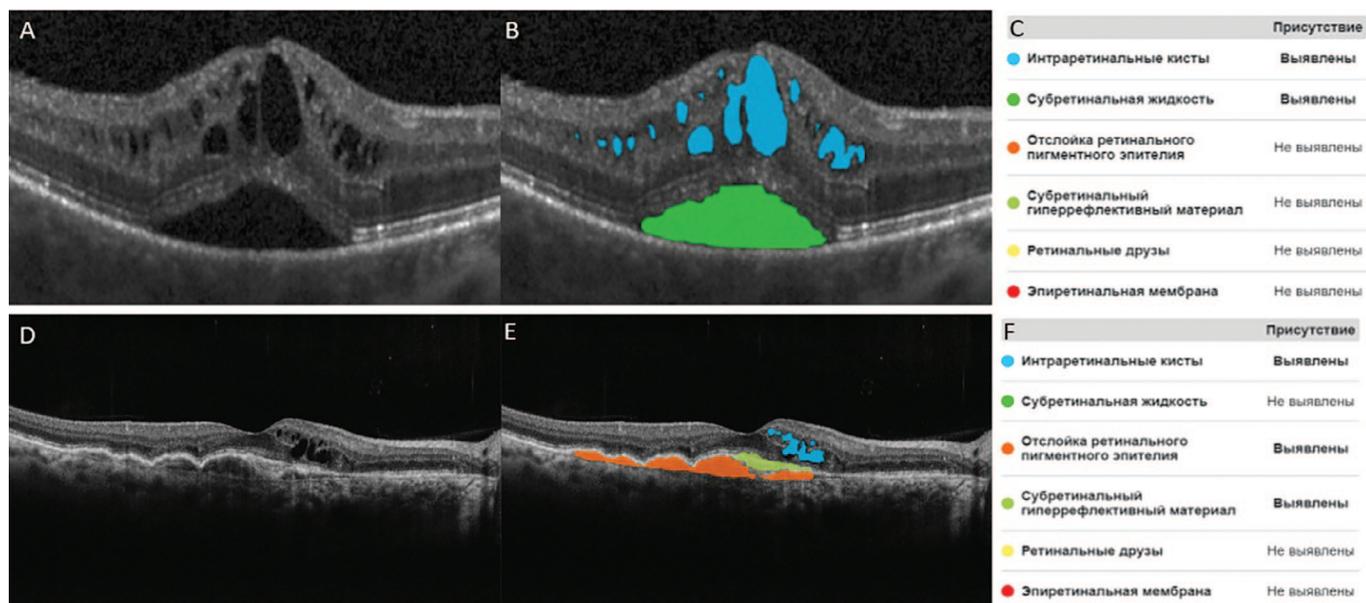


Рис. 3. Пример сегментации алгоритмом ИИ патологических признаков на сканах структурной ОКТ. А, D – исходные сканы ОКТ сетчатки глаза; В, Е – сканы ОКТ сетчатки глаза с сегментированными патологическими признаками; С, F – отчетные таблицы  
Fig. 3. An example of AI segmentation of pathological features on OCT scans. A, D – original OCT scans; B, E – OCT scans with segmented pathological features; C, F – reporting tables

**Оценка параметров точности работы алгоритма**

Реализация данной задачи начинается с определения требований (метрик (критериев) качества) к разрабатываемой модели. Для оценки точности работы методов ИИ с использованием тестового набора данных вычисляют несколько параметров точности:

- количество правильных положительных срабатываний — TP (True positives);
- количество неправильных положительных срабатываний — FP (False positives);
- количество неправильных отрицательных срабатываний — FN (False negatives);
- количество правильных отрицательных срабатываний — TN (True negatives);

По этим параметрам вычисляются следующие меры точности

• Accuracy (точность срабатывания) — процент правильно найденных положительных и отрицательных случаев,  $Accuracy = \frac{TP+TN}{\text{общее число случаев}}$  – Recall / Sensitivity (чувствительность) — процент правильно предсказанных положительных случаев из всех положительных случаев,  $Recall = \frac{TP}{TP + FN}$

• Specificity (специфичность) — процент правильно предсказанных отрицательных случаев из всех отрицательных случаев,  $Specificity = \frac{TN}{TN + FP}$

Исходя из полученных показателей чувствительности и специфичности строится ROC – кривая (Receiver Operator Characteristic – операционная характеристика приемника), которая показывает зависимость количества верно классифицированных положительных примеров от количества неверно классифицированных отрицательных примеров. Количественную интер-

претацию ROC дает показатель AUC (англ. area under ROC curve) — площадь под ROC-кривой, по которой можно оценивать качество предсказаний нейросети. У идеального алгоритма AUC будет равна 1, соответственно, чем AUC ближе к 1, тем качественнее предсказания нейросети.

Валидационная база данных представляет собой набор неразмеченных сканов ОКТ и отчетные таблицы с указанием наличия или отсутствия каждого признака для каждого скана (рис. 4). Отчетная таблица составлялась на основе заключений трех врачей-офтальмологов. В процессе валидации данный набор снимков пропускается через обученную искусственную нейронную сеть с подсчетом параметров TP, FP, TN, FN и последующим расчетом метрик Accuracy, Precision, Recall, Specificity и AUC.

Имя фото	Интраретинальные кисты	Субретинальная жидкость	Отслойка РПЭ	SHRM	Эпиретинальная мембрана	Ретинальные друзы
126	0	0	0	0	1	1
127	0	0	1	0	1	1
128	1	0	0	0	1	1
129	1	0	0	0	1	1
130	1	0	0	0	1	1
131	1	0	0	0	1	1
132	1	0	0	0	1	1
133	1	0	1	0	1	1
134	1	0	0	0	1	1
135	1	0	0	0	1	1
136	1	0	0	0	1	1
137	0	0	0	0	1	1
138	0	0	0	0	1	1
139	0	0	1	0	1	1
140	0	0	0	0	1	1

Рис. 4. Сегмент таблицы валидационного датасета  
Fig. 4. Segment of the validation dataset table

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Результаты оценки параметров точности работы алгоритма на валидационной базе данных приведены в таблице 1. На рисунке 5 приведены ROC – кривые и показатели AUC для каждого признака. ►►

**Таблица 1. Оценка параметров точности работы алгоритма**

**Table 1. Estimation of the parameters of the accuracy of the algorithm**

№ n/n/ No.	TP	TN	FP	FN	Accuracy	Recall	Specificity
Интраретинальные кисты	145	513	3	10	98,06	93,54	99,41
Субретинальная жидкость	150	496	8	17	96,27	89,82	98,41
Отслойка ретинального пигментного эпителия	221	402	35	13	92,84	94,44	91,99
Субретинальный гипер-рефлективный материал	89	552	17	13	95,52	87,25	97,01
Эпиретинальная мембрана	200	397	32	42	88,97	82,64	92,54
Ретинальные друзы	231	367	42	31	89,12	88,16	89,73

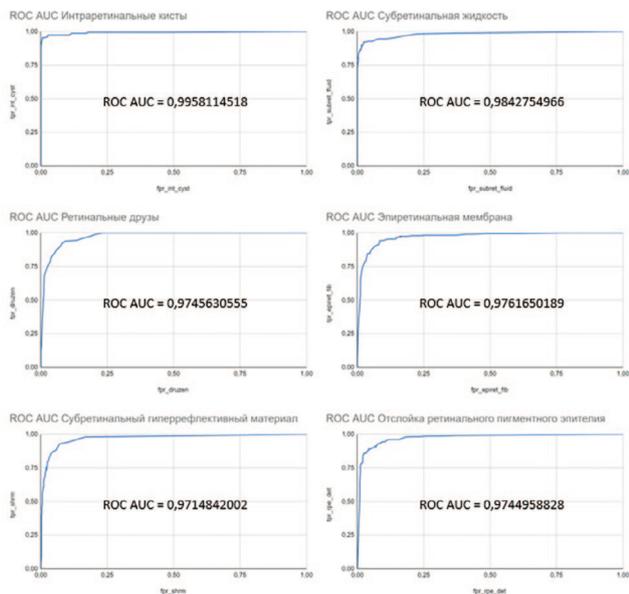


Рис. 5. ROC – кривые и показатели AUC для каждого признака  
Fig. 5. ROC curves and AUC values for each feature

## ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанный алгоритм ИИ позволяет сегментировать признаки кистозного макулярного отека (в том числе ДМО), ВМД (ХНВ и ретинальных друз), ЦСХ и ЭРМ на цифровых сканах ОКТ сетчатки глаза с достаточно высоким уровнем точности и может быть положен в основу системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) для диагностики патологий сетчатки глаза. В предлагаемом алгоритме осуществляется сегментация и подсвечивание каждого отдельного признака, что делает сервис прозрачным, понятным и удобным для врача.

Важнейшим этапом разработки алгоритмов ИИ является работа с данными. Наличие достаточного объема деперсонализированных медицинских данных и разметка данных квалифицированными врачами-офтальмологами является неотъемлемым условием создания качественного продукта.

СППВР на основе алгоритмов ИИ может быть использована в программах скрининга офтальмологической патологии.

В частности, СППВР может оказать помощь в ситуациях, требующих обследования большого числа пациентов за короткое время, с оценкой стадии и динамики болезни, а также с выявлением необходимости оказания неотложной офтальмологической помощи. Снижение нагрузки на врачей, а также расширение доли охвата населения с применением СППВР может сделать скрининг более успешным.

Развитие телемедицины в области скрининга патологии глазного дна не может пройти без применения портативных устройств средств скрининга [15, 16]. Активно разрабатываются многочисленные приложения на базе ИИ, призванные помочь врачам выполнять различные задачи на месте оказания медицинской помощи, в частности, в диагностике патологии сетчатки [17, 18].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанный алгоритм сегментации патологических признаков на сканах ОКТ имеет достаточно высокие показатели точности работы и имеет хорошие перспективы применения в процессе скрининга офтальмологической патологии. Развитие мобильных устройств для получения сканов ОКТ сетчатки глаза станет дополнительным фактором применения разработанного алгоритма в приложениях телемедицины.

На основе данного алгоритма была разработана офтальмологическая платформа Retina.AI, позволяющая проводить автоматизированный анализ цифровых сканов ОКТ сетчатки глаза и выявлять визуальные признаки патологий на основе алгоритмов ИИ. //

## ЛИТЕРАТУРА

1. Puroola PKM, Nattinen JE, Ojamo MUI, Koskinen SVP, Rissanen HA, Sainio PRJ, et al. Prevalence and 11-year incidence of common eye diseases and their relation to health-related quality of life, mental health, and visual impairment. *Qual Life Res* 2021 Aug;30(8):2311-2327. <https://doi.org/10.1007/s11136-021-02817-1>.
2. Stahl A. The Diagnosis and Treatment of Age-Related Macular Degeneration. *Dtsch Arztebl Int* 2020 Jul 20;117(29-30):513-520. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0513>.
3. Wong WL, Su X, Li X, Cheung ChMG, Klein R, Cheng ChYu, et al. Global prevalence of age-related macular degeneration and disease burden projection for 2020 and 2040: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health* 2014;2:106-16.
4. Chew EY, Clemons TE, Agr—n E, Launer LJ, Grodstein F, Bernstein PS, et al. Effect of omega-3 fatty acids, lutein/zeaxanthin, or other nutrient supplementation on cognitive function: the areds 2 randomized clinical trial. *JAMA* 2015;314:791-801.

## ЛИТЕРАТУРА

5. Amoaku WM, Ghanchi F, Bailey C, Banerjee S, Banerjee S, Downey L, et al. Diabetic retinopathy and diabetic macular oedema pathways and management: UK Consensus Working Group. *Eye (Lond)* 2020 Jun;34(Suppl 1):1-51. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-0961-6>. Erratum in: *Eye (Lond)* 2020 Oct;34(10):1941-1942.
6. Teo ZL, Tham YC, Yu M, et al. Global Prevalence of Diabetic Retinopathy and Projection of Burden through 2045: Systematic Review and Meta-analysis. *Ophthalmology* 2021;128(11):1580-1591. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.04.027>.
7. Bhavsar AR. Diabetic Retinopathy. Updated: Sep 02, 2021. [Electronic resource]. URL: <https://emedicine.medscape.com/article/1225122-overview#a1>.
8. Fung AT, Galvin J, Tran T. Epiretinal membrane: A review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2021;49:289-308. <https://doi.org/10.1111/ceo.13914>.
9. Oh KT, Drouilhet JH. Epiretinal Membrane. Updated: Jan 02, 2020. [Electronic resource]. <https://emedicine.medscape.com/article/1223882-overview#a4>.
10. Semeraro F, Morescalchi F, Russo A, Gambicorti E, Pilotto A, Parmegiani F. Central Serous Chorioretinopathy: Pathogenesis and Management. *Clin Ophthalmol* 2019 Dec 2;13:2341-2352. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S220845>.
11. Oh KT. Central Serous Chorioretinopathy. [Electronic resource]. Updated: Jun 18, 2019 <https://emedicine.medscape.com/article/1227025-overview#a4>.
12. Tan M, Le QV. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks, International Conference on Machine Learning. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11946>.
13. Lin TYi, Dollar P, Girshick R, He K, Hariharan Bh, Belongie S. Feature Pyramid Networks for Object Detection 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1612.03144>.
14. Daniel K, Kang Zh, Michael G. Labeled Optical Coherence Tomography (OCT) and Chest X-Ray Images for Classification. *Mendeley Data V2*. <https://doi.org/10.17632/rscbjbr9sj.2>.
15. Song G, Chu KK, Kim S, Crose M, Cox B, Jelly ET, et al. First Clinical Application of Low-Cost OCT. *Transl Vis Sci Technol* 2019 Jun 28;8(3):61. <https://doi.org/10.1167/tvst.8.3.61>. PMID: 31293815; PMCID: PMC6602122.
16. Duan Z, Huang K, Luo Z, Ma K, Wang G, Hu X, et al. Portable boom-type ultrahigh-resolution OCT with an integrated imaging probe for supine position retinal imaging. *Biomed Opt Express* 2022 May 10;13(6):3295-3310. <https://doi.org/10.1364/BOE.456435>. PMID: 35781965; PMCID: PMC9208590.
17. Gupta S, Thakur S, Gupta A. Optimized hybrid machine learning approach for smartphone based diabetic retinopathy detection. *Multimed Tools Appl* 2022;81(10):14475-14501. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12103-y>. Epub 2022 Feb 25. PMID: 35233182; PMCID: PMC8876080.
18. Li HY, Wang DX, Dong L, Wei WB. Deep learning algorithms for detection of diabetic macular edema in OCT images: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Ophthalmol* 2022 Apr 27:11206721221094786. <https://doi.org/10.1177/11206721221094786>. Epub ahead of print. PMID: 35473414.

## Сведения об авторах:

Каталевская Е.А. – к.м.н., врач-офтальмолог, научный руководитель проекта RETINA AI, ООО «Диджитал Вижн Солюшнс»; Москва, Россия

Сизов А.Ю. – инженер-программист ООО «Диджитал Вижн Солюшнс»; Москва, ассистент ВГБОУ ВО «Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева»; Нижний Новгород, Россия, SPIN-код 4468-1730

Гилемзянова Л.И. – врач-офтальмолог ООО «Диджитал Вижн Солюшнс»; Москва, Россия

## Вклад авторов:

Каталевская Е.А. – концепция и дизайн разработки, разметка данных, анализ результатов, написание текста, 40%  
Сизов А.Ю. – сбор и обработка материала, разработка и реализация алгоритма, анализ результатов, написание текста, 30%  
Гилемзянова Л.И. – разметка данных, написание текста, 30%

Работа выполнена сотрудниками ООО «Диджитал Вижн Солюшнс», <https://www.screenretina.ru/>

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 17.08.22

**Рецензирование:** 27.08.22

**Результаты рецензирования:** 11.09.22

**Принята к публикации:** 15.09.22

## Information about authors:

Katalevskaya E.A. – PhD, ophthalmologist, scientific director of the RETINA AI project, Digital Vision Solutions LLC; Moscow, Russia

Sizov A.Yu. – software engineer at Digital Vision Solutions LLC, Moscow; Assistant, Nizhny Novgorod State Technical University name after R.E. Alekseeva; Nizhny Novgorod, Russia

Gilemzianova L.I. – ophthalmologist of Digital Vision LLC Solutions; Moscow, Russia

## Authors contributions:

Katalevskaya E.A. – development concept and design, data markup, analysis of results, writing text, 40%  
Sizov A.Yu. – development and implementation of the algorithm, collection and processing of material, writing text, 30%  
Gilemzianova L.I. – data markup, text writing, 30%

The work was performed by the employees of Digital Vision Solutions LLC, <https://www.screenretina.ru/>

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Received:** 17.08.22

**Reviewing:** 27.08.22

**Peer review results:** 11.09.22

**Accepted for publication:** 15.09.22