



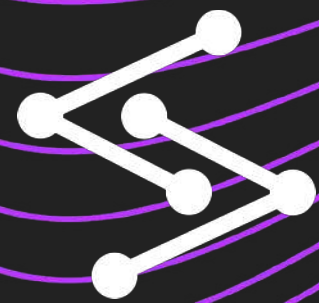
ПРОСТРАНСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
РЕШЕНИЙ



ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПО НА ОСНОВЕ ТИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОРФОМЕТРИИ

Аксенова Любовь Евгеньевна,
Аксенов К.Д., Козина Е.В., Малюгин Б.Э., Мясникова В.В.





МОРФОМЕТРИЯ: ИСТОРИЯ, МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ОБЪЕКТ

РАЗМЕР

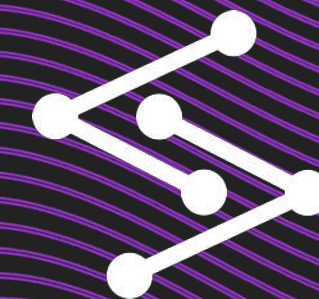
– физический масштаб объекта, обычно определяемый путем сравнения одного или нескольких его пространственных размеров (например, диаметра, высоты, длины, ширины, периметр, площадь, объем, масса) к эталону, который служит основой для измерения

ФОРМА

– концептуализируется путем сравнения с каким-либо эталоном (например, кругом, треугольником, средним расстоянием, конфигурацией средней точки) и функционально определяется как та компонента формы, которая остается после устранения различий в размере, положении и повороте между двумя или более объектами (Kendall, 1977)



МОРФОМЕТРИЯ: ИСТОРИЯ, МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ



КОНЕЦ 1800-Х ГОДОВ

Деформационистский подход –
графические сетки
трансформации (Д'Арси
Томпсона)

Статистический подход –
декартовых пространств для
обобщения закономерностей
изменчивости размеров и/или
формы переменных
(Фрэнсисом Голтоном, Карлом
Пирсоном и Джулианом Хаксли)



СЕРЕДИНА 1980-Х ГОДОВ

Дэвид Кендалл, Фред Букштейн и
Колин Гудолл предложили
радикально новый способ
понимания формы – как
расположения конфигураций
ориентиров на поверхностях
вложенной серии гиперразмерных
многообразий

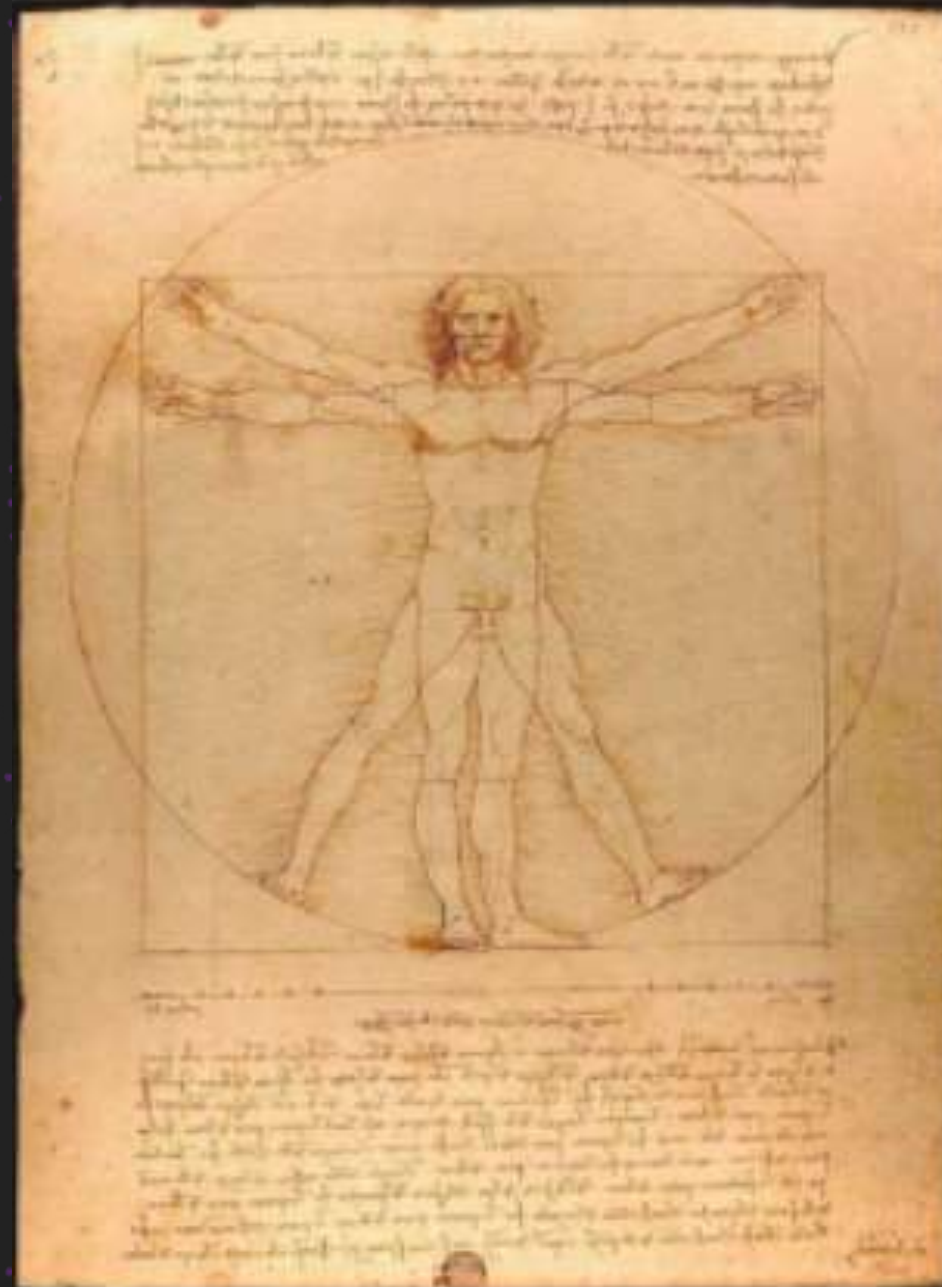


РЕЗУЛЬТАТ

Геометрическая морфометрия

Новые подходы, включающие
прямой анализ пикселей
изображения, а также новые
инструменты, такие как
машинное обучение и
искусственный интеллект

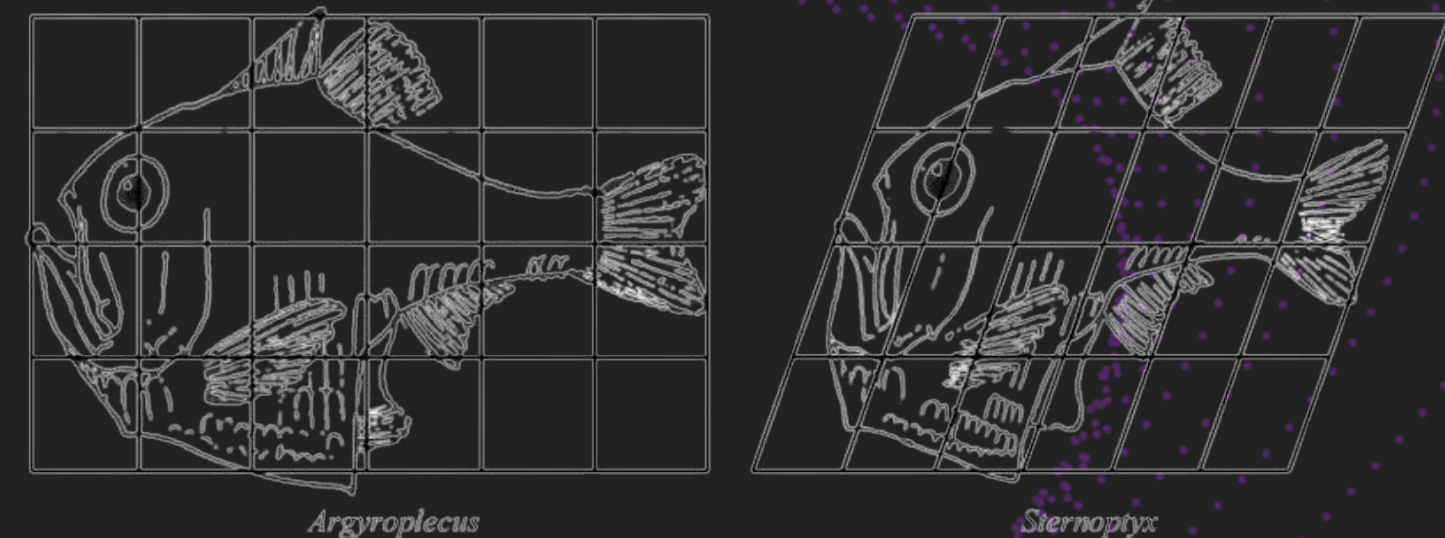
МОРФОМЕТРИЯ ДЕФОРМАЦИОНИСТСКИЙ ПОДХОД



Леонардо Да Винчи в своих исследованиях человеческого тела предложил определять идеальные (то есть средние) пропорции и выражать отклонения от этого идеала через единую систему геометрических преобразований

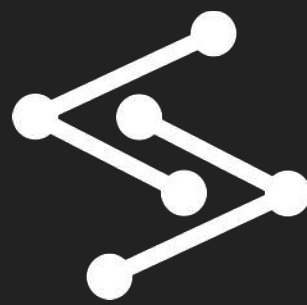
Такая система включала как изотропные (единообразные во всех направлениях), так и анизотропные (направленно-неоднородные) компоненты

Томпсон использовал это наблюдение, чтобы доказать, что эволюционные преобразования между видами могут быть вызваны геометрически простыми изменениями в онтогенетических и филогенетических программах развития и что физический характер материалов, из которых построены тела организмов, может налагать ограничения на способы их деформации или трансформации



Анализ деформационной сетки морфологических вариаций трансформации между *Argyroplecus* и *Sternoptyx*, проведенный Д'Арси Томпсоном (1917)

«Виртувианский человек» Леонардо да Винчи, представляющий собой графический анализ идеальных или средних пропорций человека (ок. 1480 г.)

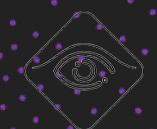


МОРФОМЕТРИЯ СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

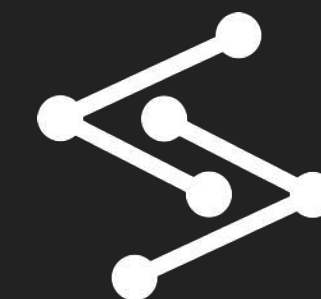
Основатель современной биометрии **Фрэнсис Гальтон** использовал рост 928 детей в качестве основы для своей работы 1886 года по наследственности, которая представила **концепцию линейной регрессии** и заложила основу для разработки Карлом Пирсоном (1901) **анализа главных компонент (PCA)**

Роберт А. Фишер (1936) использовал измерения длины чашелистиков и лепестков, полученные на трех видах ирисов, в своей разработке **линейного дискриминантного анализа**

Сьюэлл Райт (1921) использовал морфометрические измерения, полученные в результате измерения домашних кур, чтобы проиллюстрировать свой **метод путевого анализа**, варианты которого эквивалентны множественному регрессионному анализу, факторному анализу, каноническому корреляционному анализу, дискриминантному анализу и широкому спектру дисперсионного и ковариационного анализа (1921)



ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА



Разработать способ оценки морфологических биомаркеров сетчатки по данным оптической когерентной томографии



СБОР ДАННЫХ

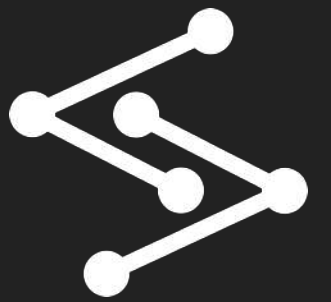


РАЗРАБОТКА



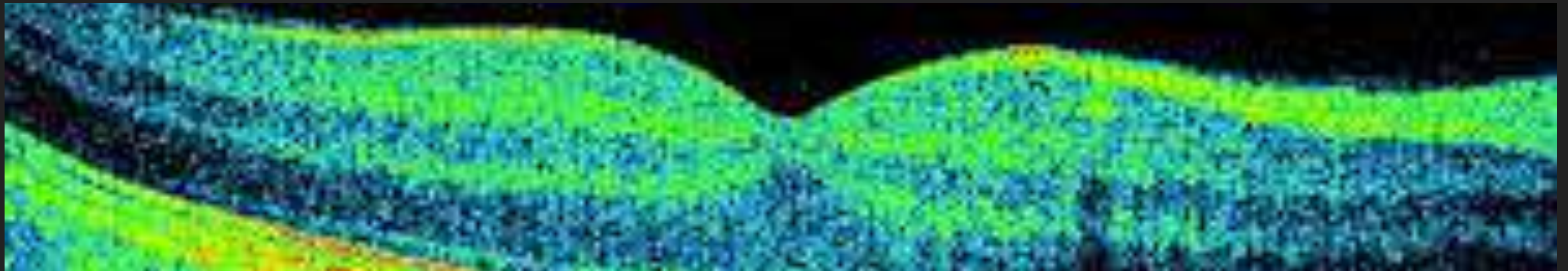
ТЕСТИРОВАНИЕ

ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ



Метод визуализации, в котором используется низкокогерентный свет для захвата двух- и трехмерных изображений микрометрового разрешения из оптических рассеивающих сред (например, биологических тканей)

В медицине данный метод используется в диагностических целях для получения подробных изображений сетчатки



Высокая разрешающая
способность



Неинвазивность



Быстрое сканирование

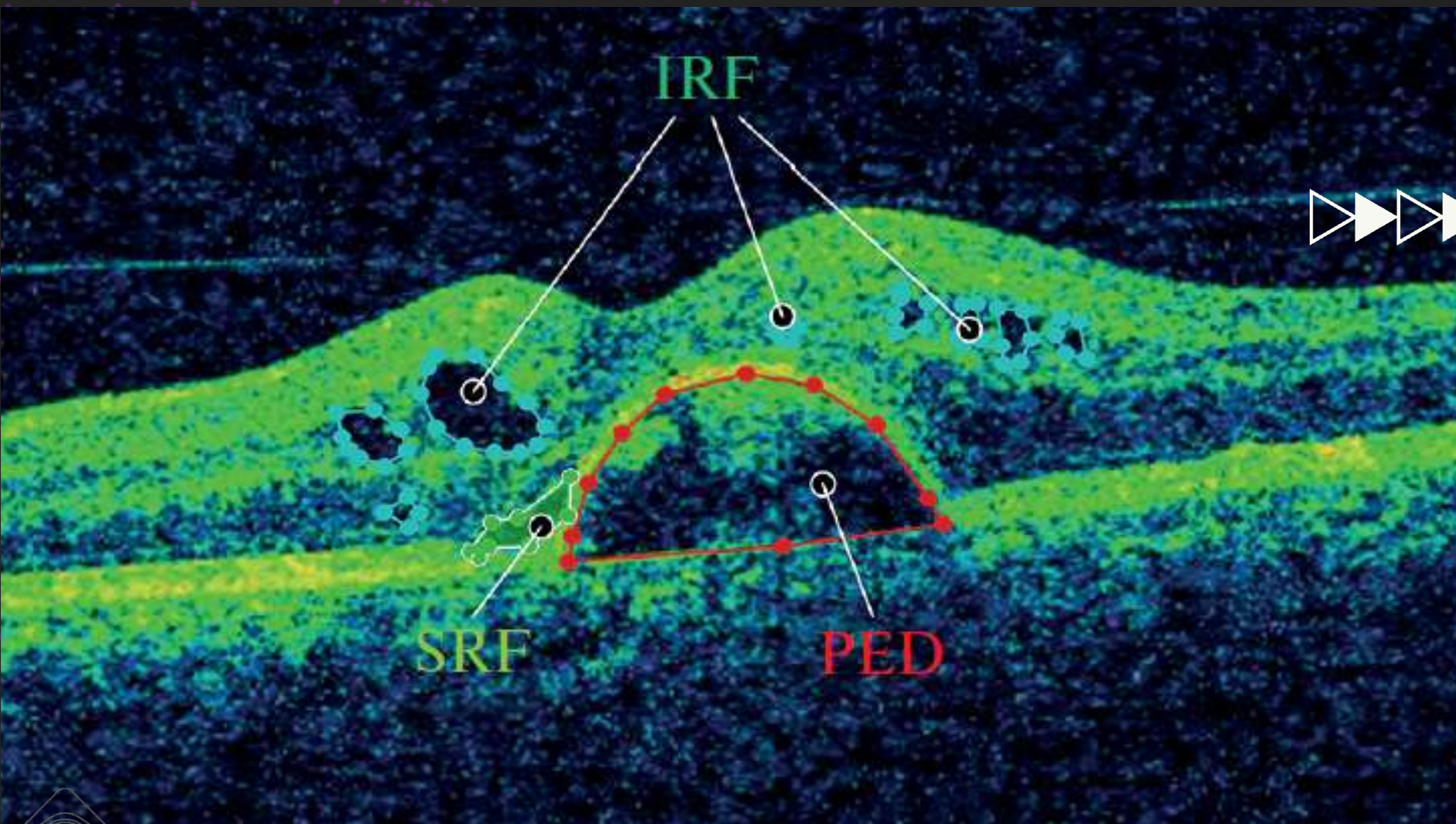
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ



1	Классификация	<p><i>Schmidt-Erfurth U, Bogunovic H, Sadeghipour A, Schlegl T, Langs G, Bianca S, et al. Machine learning to analyze the prognostic value of current imaging biomarkers in neovascular age-related macular degeneration. Ophthalmology Retina. 2018; 2(1): 24–30. doi: 10.1016/j.oret.2017.03.015</i></p> <p><i>Srinivasan PP, Kim LA, Mettu PS, Cousins SW, Comer GM, Izatt JA, et al. Fully automated detection of diabetic macular edema and dry age-related macular degeneration from optical coherence tomography images. Biomedical Optics Express 2014; 5(10): 3568. doi: 10.1364/BOE.5.003568</i></p>
2	Сегментации	<p><i>Schlegl T, Waldstein SM, Bogunovic H, Endstraer F, Sadeghipour A, Philip AM, et al. Fully automated detection and quantification of macular fluid in OCT using deep learning. Ophthalmology. 2018; 125(4): 549–558. doi: 10.1016/j.optha.2017.10.031</i></p> <p><i>Qiang C, Leng T, Zheng L, Kutzscher L, Ma J, Sisternes L, et al. Automated drusen segmentation and quantification in SDOCT images. Med Image Anal. 2013; 17(8): 1058–1072. doi: 10.1016/j.media.2013.06.003</i></p>
3	Прогнозирование	<p><i>Bogunovic H, Montuoro A, Baratsits M, Karantonis MG, Waldstein SM, Schlanitz F, et al. Machine learning of the progression of intermediate age-related macular degeneration based on OCT imaging. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2017; 58(6): BIO141. doi: 10.1167/ iovs.17-21789</i></p>

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕГМЕНТАЦИИ



	PED	SRF	IRF
<i>Train data</i>	308	267	139
<i>Validation data</i>	77	67	35
Dice coefficient	0,90	0,72	0,69
Accuracy	0,98	0,99	0,99
Error rate	0,096	0,02	0,03
Training time (мин)	14,32	17,25	20,53

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕГМЕНТАЦИИ

ОКТ
изображение

Исходные
изображения

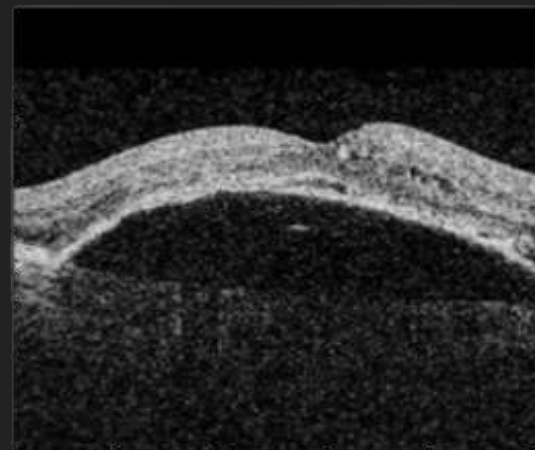
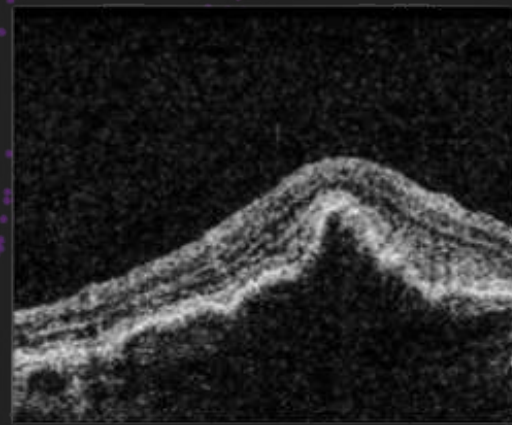
PEDED

RPERPE

SRFSRF

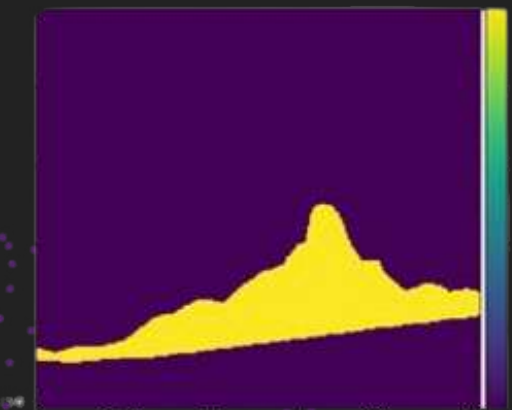
IRF RF

SHRM



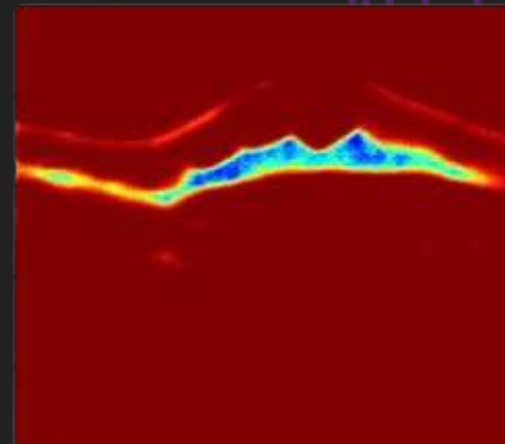
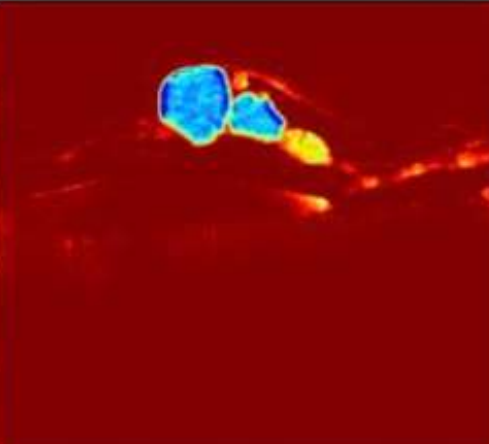
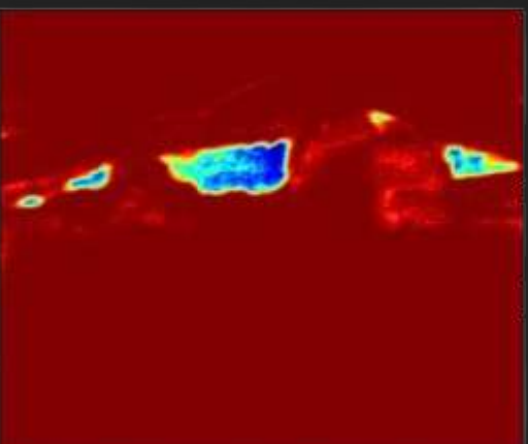
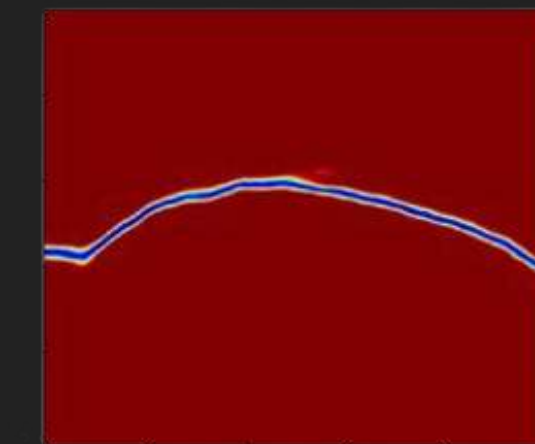
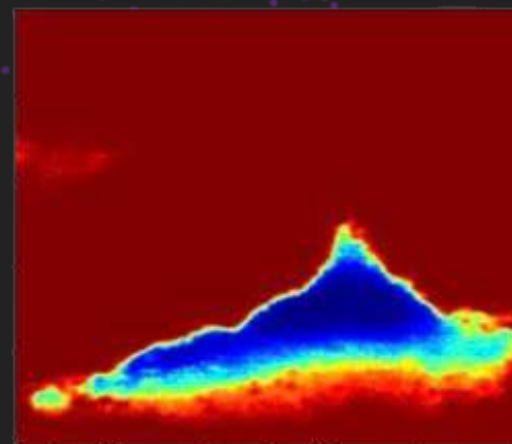
Ручная
разметка

Размеченные
вручную
изображения

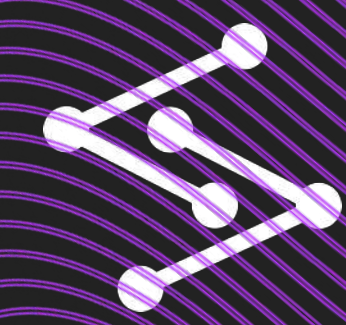


Сегментация
помощью ИИ

Размеченные
нейросетью
изображения



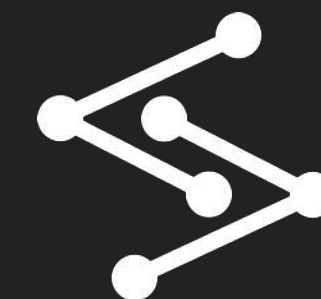
РЕЗУЛЬТАТЫ МОРФОМЕТРИИ



	Quantitative indicator	Average ± SD			U Test		
		Group 1	Group 2	Group 3	1-2	1-3	2-3
Doctor	Height PED (µm)	502 ± 247	432 ± 178	590 ± 229	6356	1106	855*
	Width PED (µm)	3215 ± 904	2835 ± 916	3330 ± 81	6995*	1370	1097*
AI Algorithm	Height PED (µm)	547 ± 275	431 ± 190	599 ± 236	6855*	1114	819*
	Width PED (µm)	3317 ± 1255	2935 ± 1038	3264 ± 949	6383*	1379	1253
U Test Mann-Whitney Doctor - Algorithm	Height PED (µm)	5784	5877	385	Group 1 – adherence of PE Group 2 – preservation of PE detachment Group 3 – formation of a PE rupture		
	Width PED (µm)	5312	6297	360			

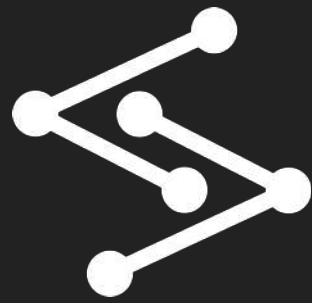
Статистически значимые различия

РЕЗУЛЬТАТЫ МОРФОМЕТРИИ



Quantitative indicator	Average \pm SD			U Test		
	Group 1	Group 2	Group 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3
PED area (mm ²)	1,030 \pm 0,895	0,655 \pm 0,454	1,11 \pm 0,717	7009*	1180	854*
SRF area (mm ²)	0,143 \pm 0,165	0,104 \pm 0,112	1,630 \pm 0,907	2671	654	506
SRF height (μ m)	238 \pm 171	183 \pm 99	224 \pm 136	2793	774	578
Length of SRF (μ m)	1470 \pm 889	1377 \pm 938	1630 \pm 907	2603	657	536
IRF area (mm ²)	0,177 \pm 0,233	0,104 \pm 0,093	0,089 \pm 0,098	383	137	62*

Статистически
значимые различия



AI Journey Science

ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА, ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ, 2023, том 514, с. 46–53

МАТЕМАТИКА

УДК 004.93

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕТЧАТКИ

© 2023 г. Л. Е. Аксенова^{1,2,*}, К. Д. Аксенов², Е. В. Козина¹, В. В. Мясникова¹

Поступило 04.09.2023 г.

После доработки 08.09.2023 г.

Принято к публикации 24.09.2023 г.



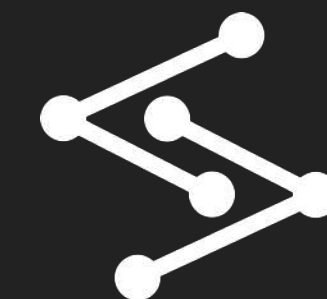
ВЫВОДЫ



- Разработанная автоматизированная система анализа ОКТ изображений сетчатки позволяет сегментировать биомаркеры и рассчитывать их количественные характеристики, то есть автоматизировать процесс морфометрии
- Автоматизированная сегментация вместе с алгоритмом количественного расчета обеспечивает производительность, сравнимую с врачом офтальмологом, при оценке количественных характеристик биомаркеров
- Таким образом, переход от классической морфометрии к морфометрии с использованием машинного обучения представляет собой естественную эволюцию в направлении более эффективных, точных и автоматизированных методов анализа формы и размеров организмов



МЫ СМОТРИМ ДАЛЬШЕ



Путь пациента от посещения врача до результата лечения



▶▶▶▶ ДИАГНОСТИКА

Помощь в определении
наличия заболевания,
стадии заболевания
Охват большего количества
пациентов



▶▶▶▶ АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Автоматизация описания
изображений
Ускорение процесса
анализа данных
Увеличение инструментария
для анализа



▶▶▶▶ НАЗНАЧЕНИЕ ЛЕЧЕНИЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ

Оценка ответа на лечение
Прогнозирование развития
осложнений
Улучшение качества
оказываемой медицинской
помощи

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Email

axenovalubov@gmail.com

Predict Space

mailbox@predictspace.com

