

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА ЦВЕТОВЫХ КОМПОНЕНТ  
НЕЙРОРЕТИНАЛЬНОГО ПОЯСКА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ  
ИЗМЕНЕНИЙ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА**

**«Color X»**

Инструкция пользователя

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие сведения.....	3
2 Горизонтальное меню.....	4
2.1 Пункт «View» горизонтального меню .....	4
2.2 Пункт «Histograms» горизонтального меню.....	5
2.3 Пункт «Windows» горизонтального меню .....	6
3 Поле с параметрами визуализации и поле визуализации .....	6
4 Поле анализа исходного изображения.....	8
5 Поле численных результатов .....	10

## 1 Общие сведения

Программный комплекс «Color X» предназначен для анализа цветовой насыщенности нейроретинального пояска (НРП) на изображениях глазного дна, полученных с помощью фундус-камеры. Программный комплекс позволяет с высокой точностью выявлять побледнение и замещение розовых оттенков в области НРП, обусловленные зарождением или развитием атрофии ДЗН при глаукоме и заболеваниях центральной нервной системы. Важными особенностями программного комплекса является инвариантность к яркости анализируемых изображений, а также наличие трёх одновременно работающих алгоритмов – анализ цветовой насыщенности, основанный на пороговых значениях цветовых компонент, анализ, основанный на применении искусственной нейронной сети и анализ с использованием модели машинного обучения, основанной на ансамбле решающих деревьев. Все три алгоритма запускаются и формируют результат в полностью автоматическом режиме.

Интерфейс программного комплекса (рисунок 1) состоит из полей, содержащих определённую специализированную информацию.

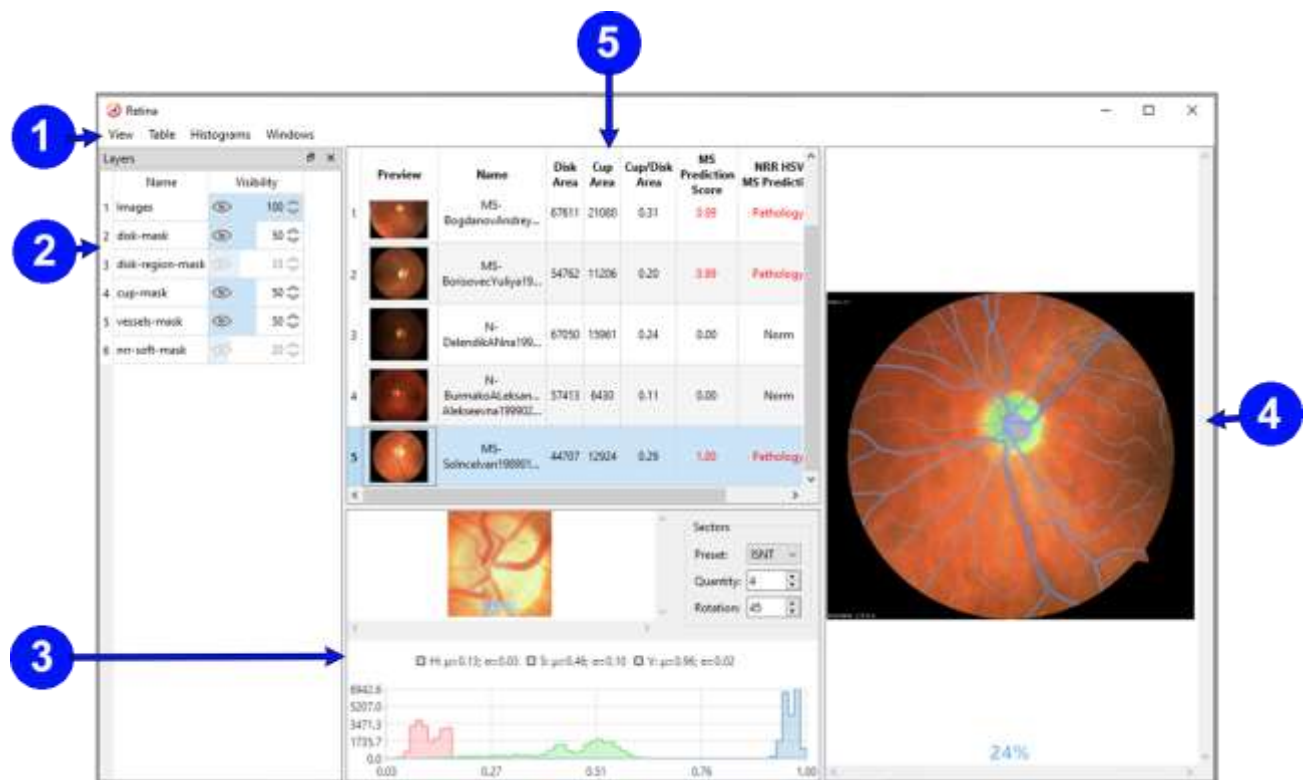


Рисунок 1 – Интерфейс программного приложения «Color X»

Где:

- 1 – Горизонтальное меню с выпадающим списком;
- 2 – Поле с регулировки послойной визуализации объектов на исходном изображении;

- 3 – Поле анализа исходного изображения;
- 4 – Поле визуализации;
- 5 – Поле численных результатов.

Размеры всех полей можно регулировать вручную перетягиванием их границ с помощью курсора и левой кнопки мыши.

Для загрузки исходного изображения необходимо сначала стандартными средствами операционной системы Windows запустить программное приложение «Color X», а затем поверх него открыть папку, в которой хранятся файлы с изображениями. Выбранное для проведения анализа исходное изображение курсором при нажатой ЛКМ перемещается, в поле численных результатов (5 на рис. 1).

Количество загружаемых одновременно файлов может быть сколь угодно большим. Результат анализа демонстрируется для выбранного курсором в данный момент изображения. Активный в данный момент файл выделяется голубой подсветкой (см. рис 1).

## 2 Горизонтальное меню

Данное поле состоит из трёх пунктов, каждый из которых содержит как минимум одну команду. Список команд вызывается левой кнопкой мыши (ЛКМ) при наведённом на требуемый пункт курсоре.

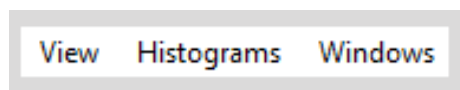


Рисунок 2 – Горизонтальное меню программного приложения «Color X»

### 2.1 Пункт «View» горизонтального меню

При инициализации данного пункта появляется команда «Active Layer View» (рис. 3).

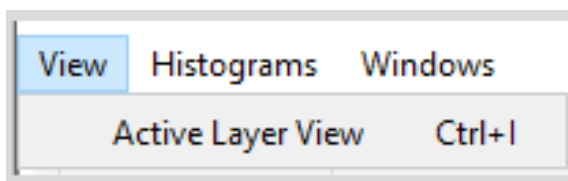


Рисунок 3 – Активация пункта «View» горизонтального меню

Команда «Active Layer View» работает с полем параметров визуализации (пункт 2 на рисунке 1) и позволяет одним кликом мыши либо сделать доступными (рис. 4 а) для регулировки все слои, либо повторным кликом оставить доступ к регулировке одного

единственного слоя – слоя исходного изображения (рис. 4 б). Более подробно поле параметров визуализации описывается ниже в подразделе 3.

Name	Visibility
1 Images	100
2 disk-mask	50
3 disk-region-mask	33
4 cup-mask	50
5 vessels-mask	50
6 nrr-soft-mask	20

a)

Name	Visibility
1 Images	100
2 disk-mask	50
3 disk-region-mask	33
4 cup-mask	50
5 vessels-mask	50
6 nrr-soft-mask	20

б)

Рисунок 4 – Управление полем параметров визуализации объектов:  
 а) команда «Active Layer View» включена,  
 б) команда «Active Layer View» выключена

Команда «Active Layer View» может быть выполнена через комбинацию «горячих» клавиши «Ctrl+I». Информация о наличии этой комбинации появляется (рис. 3) при вызове команды «Active Layer View» в горизонтальном меню.

## 2.2 Пункт «Histograms» горизонтального меню

Инициализация данного пункта вызывает подпункт «Neuroretinal Rim», содержащий в себе список (рис. 5) из двух команд «RGB» и «HSV», которые работают с полем анализа исходного изображения (пункт 3 на рис. 1) и задают цветовую модель для исходного изображения.

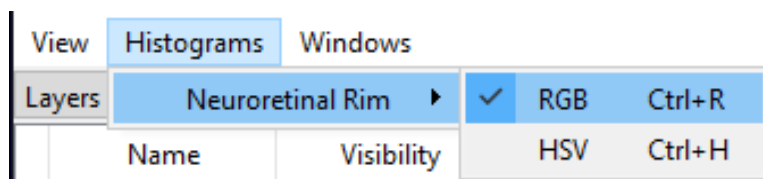


Рисунок 5 - Активация пункта «Histograms» горизонтального меню

При активации команды «RGB» в поле анализа изображения строится гистограмма из значений красной (R), зелёной (G) и синей (B) компонент всех точек исходного изображения, над гистограммой выводятся в численной форме средние значения ( $\mu$ ) и среднеквадратические отклонения ( $\sigma$ ) по каждой компоненте. Пример построения гистограммы для RGB-модели приведён на рисунке 6.



Рисунок 6 – Результат обработки команды «RGB»

Команда «HSV» выполняет всё то же самое, только для цветовой модели Hue, Saturation, Brightness (Тон, Насыщенность, Яркость).

### 2.3 Пункт «Windows» горизонтального меню

При выборе данного пункта меню появляется список команд (рис. 7), определяющих, какой набор полей будет визуализирован в составе интерфейса.

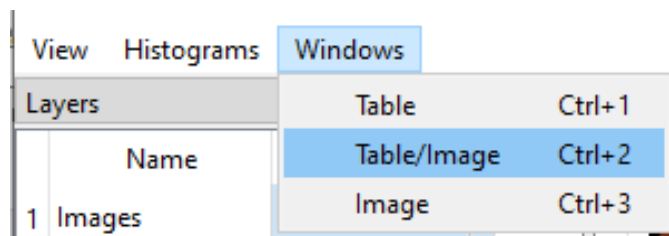


Рисунок 7 – Активация пункта «Windows» горизонтального меню

Активация команды «Table/Image» обеспечивает вывод в составе интерфейса максимально полной информации: и поле 3, и поле 4, и поле 5. Этот вариант продемонстрирован выше на рисунке 1.

Если активирована команда «Table» из состава интерфейса убирается поле изображения (четвёртое на рисунке 1) и остаются только поля третье и пятое.

Команда «Image» оставит в составе интерфейса поле изображения, убрав поля 3 и 5.

### 3 Поле с параметрами визуализации и поле визуализации

Эти два поля (рис. 1 и рис. 8) находятся в прямом взаимодействии и определяют количество и качество визуализируемых в виде масок объектов на исходном изображении. К этим объектам относятся:

- диск зрительного нерва (disk-mask),
- зона экскавации (cup-mask),
- сосудистая сеть vessel-mask,

- нейроретинальный поясок (nrr-soft-mask).

Кроме этого по желанию пользователя визуализируются:

- исходное изображение (image),
- регион, с которым работает нейронная сеть при сегментации ДЗН (disk-region-mask).

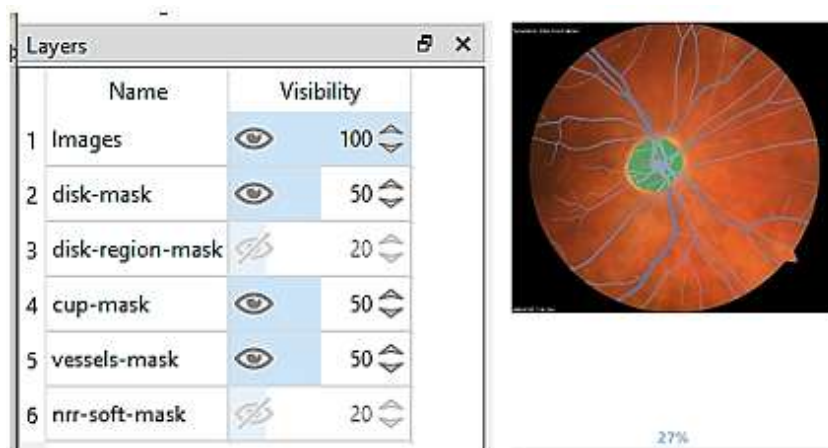


Рисунок 8 – Функционирование поля параметров визуализации (слева) и собственно поля визуализации (справа)

Изменять параметры визуализации можно с помощью компьютерной мыши или с помощью стрелок «вверх-вниз», расположенных справа от цифрового значения непрозрачности (visibility) визуализируемого объекта.

Сделать объект видимым или невидимым в поле визуализации можно, щёлкнув ЛКМ по пиктограмме глаза в поле параметров визуализации. На рисунке 8 третий и шестой объекты выключены из режима визуализации.

Видимым объектам можно менять степень прозрачности быстро (захватив курсором при нажатой ЛКМ голубую полосу и двигая её влево-вправо) или пошагово (последовательно щёлкая левой кнопкой мыши по стрелкам «вверх-вниз»). При этом синхронно с производимым действием меняется цифровой значение непрозрачности объекта. На рисунке 8 исходное изображение глазного дна выведено без редактирования прозрачности (непрозрачность 100%). Остальные визуализированные объекты наполовину прозрачны (непрозрачность 50%). Два выведенных из режима визуализации объекта (третий и шестой) в случае возврата их в режим визуализации будут видны лишь на 20%.

Следует обратить внимание на цифру 27%, расположенную в нижней части поля визуализации (рис.8). Эта цифра свидетельствует о размере масштабирования изображения. В данном случае его размер составляет 27% от максимального. Изменять размер изображения

можно колёсиком мыши. При этом курсор должен находиться на масштабируемом изображении. На рисунке 9 демонстрируется пример, в котором из режима визуализации выведены все объекты, кроме маски нейроретинального пояса. Из состава НРП исключены сосуды. Именно в таком виде определяются значения цветовых компонент ДЗН. Сосуды исключаются для того, чтобы их цвет не влиял на значения цветовых компонент ДЗН.

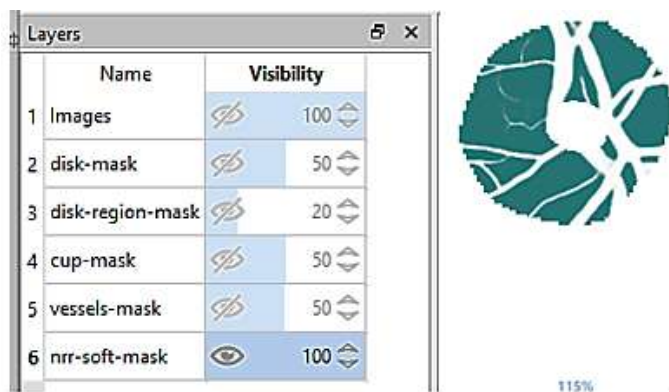


Рисунок 9 – Визуализация анализируемой зоны НРП

Как видно из рисунка 9, НРП полностью непрозрачен, а его размеры увеличены до значения 115%.

#### 4 Поле анализа исходного изображения

В данном поле (пункт 3 на рисунке 1) задаётся область анализа цветовых компонент ДЗН и выводятся в численном и графическом виде результаты анализа. Область анализа автоматически отмечается голубым цветом. По умолчанию анализируется вся область НРП, как показано на рисунке 10.

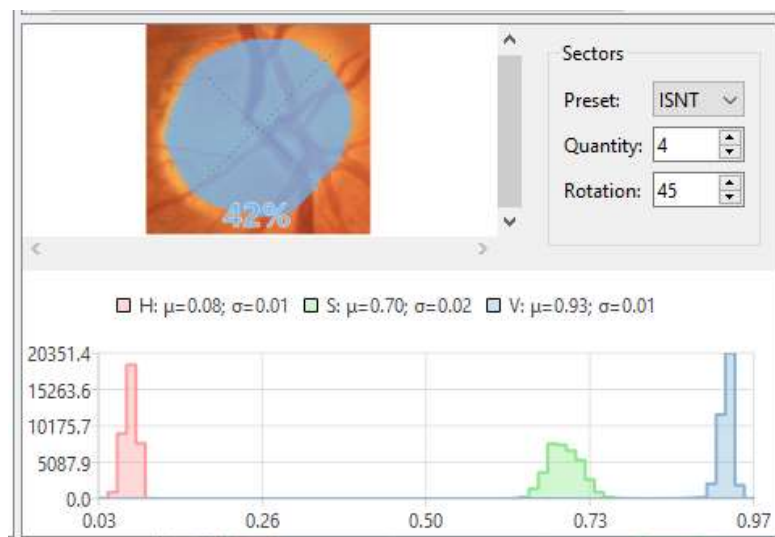
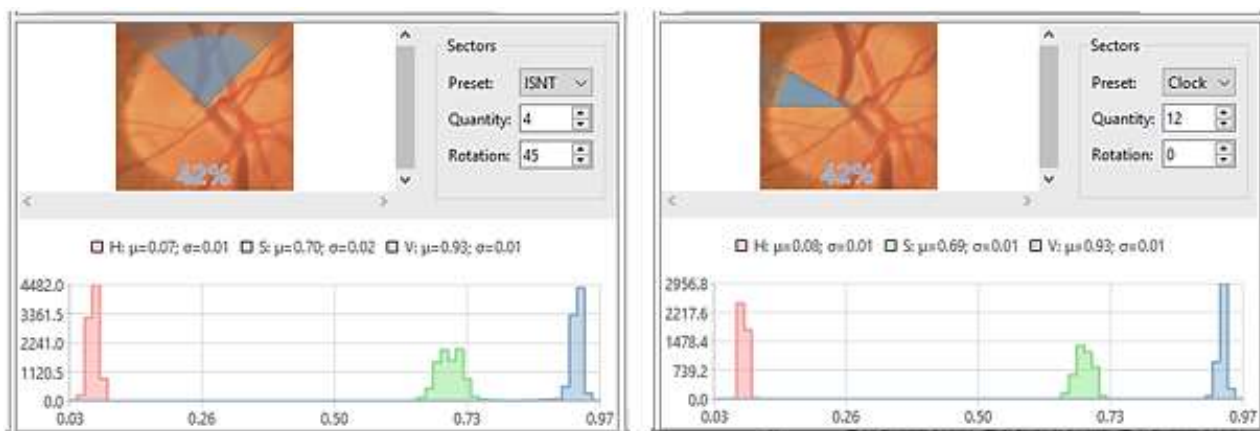


Рисунок 10 – Режим анализа всей области нейроретинального пояса. Гистограмма построена для HSV-модели.



Выбор варианта гистограммы описан выше, в подразделе 2.2. В данном случае гистограмма и средние значения цветовых компонент получены для HSV-модели.

В программном приложении предусмотрена возможность анализа цветовых характеристик отдельных секторов. Для этого в правой части поля параметра «Preset» (рисунок 11) курсором и левой кнопкой мыши выбирается значение либо «ISNT», либо «Clock».



а) б)  
Рисунок 11 – Режим анализа отдельных секторов

В режиме «ISNT» изображение автоматически разбивается на четыре сектора (Inferior, Superior, Nasal, Temporal). В режиме «Clock» - на двенадцать секторов. Выбор сектора для анализа осуществляется ЛКМ при наведении курсора на область изображения, в которой находится сектор.

В случае необходимости пользователь имеет возможность задать собственное число секторов, вводом в окошко «Quantity» нужной цифры. Кроме того, пользователю предоставляется возможность поворота системы координат с помощью параметра «Rotate». На рисунке 11б ось ординат расположен вертикально (угол поворота равен 0). На рисунке 11а ось ординат повернута по часовой стрелке на 45 градусов.

Изображение диска зрительного нерва в поле анализа может масштабироваться точно также, как изображение глазного дна в поле визуализации: колёсиком мыши. При этом курсор должен находиться на масштабируемом изображении. На рисунке 11 размер изображения составляет 42% от размера исходного изображения

Кроме того, можно выделить несколько секторов одновременно, используя Ctrl+ЛКМ.

## 5 Поле численных результатов

В данном поле (рис. 12) содержатся: уменьшенное исходное изображение, имя файла, в котором оно хранится, традиционно используемая информация о размерах информативных объектов, присутствующих на исходном изображении, и диагностические результаты, полученные двумя алгоритмами.

Preview	Name	Disk Area	Cup Area	Cup/Disk Area	MS Summary	MS Score (DNN)	MS Score (XGBoost)	MS Predict (NRR HS)
	File: \Users\Sergeevna\2002061...	59713	10338	0.17	Norm 0.01	0.05	0.00	Norm
	File: \Users\Sergeevna\2002061...	59028	12093	0.20		0.02	0.00	Norm
	File: \Users\Sergeevna\2002061...	70023	12897	0.18		0.01	0.00	Norm
	MS- File: \Users\Sergeevna\2002061...	60956	8134	0.13		0.82	1.00	Patholog
	MS- File: \Users\Sergeevna\2002061...	56270	10328	0.18	Pathology 0.83	0.35	1.00	Patholog
	MS- File: \Users\Sergeevna\2002061...	54712	10913	0.20		0.30	0.99	Patholog
	MS- File: \Users\Sergeevna\2002061...	60837	10852	0.18		0.51	0.96	Patholog
	File: \Users\Sergeevna\2002061...	57809	10716	0.19		0.22	0.00	Norm




Рисунок 12 – Функционирование поля численных результатов

Параметры поля численных результатов:

«Preview» - в уменьшенном виде исходное изображение глазного дна пациента;

«Name» - название файла с изображением (обычно совпадает с фамилией пациента);

«Disk Area» - площадь диска зрительного нерва (ДЗН) в пикселях;

«Cup Area» - площадь зоны экскавации (ЗЭ) в пикселях;

«Cup/Disk Area» - коэффициент Армали, равный отношению площадей ЗЭ и ДЗН;

«MS Summary» - интегральные оценки (отмечены на рис. 12 стрелками) наличия или отсутствия признаков дегенерации ДЗН. Оценка формируется по совокупности фотографий (не менее трёх) глазного дна пациента и учитывает заключения трёх алгоритмов по каждой фотографии. Возможные значения оценки описаны ниже.

«MS Score (DNN)» - значение уверенности нейронной сети в наличии патологии по каждой анализируемой фотографии глазного дна;

«MS Score (XGBoost)» - значение уверенности модели машинного обучения в наличии патологии по каждой анализируемой фотографии глазного дна;

«MS Predict (NRR HSV)» - заключение порогового алгоритма о наличии патологии по каждой анализируемой фотографии глазного дна;

Интегральная оценка выводится на экран монитора (на рис. 1 отмечено стрелками) в сопровождении одной из трёх возможных формулировок, каждая из которых имеет собственный цвет: **Norm** – признаки дегенерации ДЗН отсутствуют (значение показателя <0,35); **Pathology** – обнаружены выраженные признаки дегенерации ДЗН (значение показателя >0,65); **Undefined** – требуется дополнительный визуальный анализ фотографии глазного дна (значение показателя лежит в диапазоне от 0,35 до 0,65). При получении результата «Undefined» заключение рекомендуется формулировать с учётом значения показателя, которое приводится под надписью «Undefined» (на рис. 13 отмечено стрелкой).



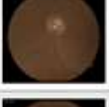

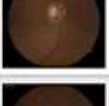


	Preview	Name	Disk Area	Cup Area	Cup/Disk Area	MS Summary	MS Score (DNN)	MS Score (XGBoost)	MS Prediction (NRR HSV)
1		MS- Englewood/Andrey 198...	61611	18438	0.30	Undefined 0.47	0.99	0.75	Norm
2		MS- Englewood/Andrey 198...	56397	16137	0.29		0.84	0.67	Norm
3		MS- Englewood/Andrey 198...	61557	17642	0.29		0.99	1.00	Norm
4		MS- Englewood/Andrey 198...	55911	16050	0.29		0.92	0.25	Norm
5		MS- Englewood/Andrey 198...	56391	16066	0.28		0.89	0.09	Norm
6		MS- Englewood/Andrey 198...	56251	15747	0.28		0.77	0.15	Norm
7		MS- Englewood/Andrey 198...	61639	17837	0.29		0.93	0.66	Norm

Рисунок 13 – Дополнительный анализ результата

Значения «Undefined» от 0,5 и выше указывают на обнаружение признаков дегенерации ДЗН, характерных для стадии РС, при которой у пациента может не проявляться

неврологическая симптоматика. В приведённом на рисунке 13 примере, результат «Undefined» 0,47 свидетельствует в пользу нормы.