**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук

о.п. “Программная инженерия”

**РЕФЕРАТ**

**ТЕМА:** **«ФИЗИОЛОГИЯ ЦВЕТОВОГО ВОСПРИЯТИЯ. МНОГОКОМПОНЕНТНАЯ ТЕОРИЯ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ. РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЦВЕТОВОЙ И ТЕКСТУРНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ»**

**Преподаватель**

Профессор департамента программной инженерии

факультета компьютерных наук

Харламов Александр Александрович

**Исполнитель**

Студент группы 205 Морозова А.В.

Москва 2021

Оглавление

[**1. Введение 3**](#_Toc63944512)

[**2. Физиология цветового восприятия 5**](#_Toc63944513)

[**2.1 Фоторецепторы. Палочки, колбочки и ipRGC 5**](#_Toc63944514)

[**Колбочки 5**](#_Toc63944515)

[**Палочки 7**](#_Toc63944516)

[**2.2 Гены, отвечающие за цветовое зрение 12**](#_Toc63944517)

[**2.3 Фотопигменты 13**](#_Toc63944518)

[**2.4 Головной мозг и оптическое изображение 14**](#_Toc63944519)

[**Амакриновые клетки 14**](#_Toc63944520)

[**Зрительная кора 14**](#_Toc63944521)

[**3. Многокомпонентная теория цветового зрения 18**](#_Toc63944522)

[**4. Распознавание изображений с помощью цветовой и текстурной сегментации 20**](#_Toc63944523)

[**4.1 Функции систем компьютерного зрения 20**](#_Toc63944524)

[**4.2 Сегментация изображений 22**](#_Toc63944525)

[**4.3 Концепции выделения объектов 23**](#_Toc63944526)

[**Выделение целевых объектов на изображении. 23**](#_Toc63944527)

[**Выделение всех объектов, присутствующих на изображении. 23**](#_Toc63944528)

[**4.4 Методы сегментации 25**](#_Toc63944529)

[**Методы, основанные на кластеризации 25**](#_Toc63944530)

[**Методы с использованием гистограммы 26**](#_Toc63944531)

[**Выделение краёв 27**](#_Toc63944532)

[**Методы разрастания областей 27**](#_Toc63944533)

[**Методы разреза графа 28**](#_Toc63944534)

[**Сегментация методом водораздела 28**](#_Toc63944535)

[**Сегментация с помощью модели 29**](#_Toc63944536)

[**Многомасштабная сегментация 29**](#_Toc63944537)

[**Одномерная иерархическая сегментация сигналов 29**](#_Toc63944538)

[**4.5 Идея использования цветовой и текстурной сегментации в распознавании изображений 30**](#_Toc63944539)

[**Распознавание лиц 30**](#_Toc63944540)

[**5. Заключение 33**](#_Toc63944541)

[**6. Литература 34**](#_Toc63944542)

# **Введение**

В связи с развитием науки и техники, интерес к задачам компьютерного зрения существенно возрос. К примеру, проблема распознавания образов приобрела большое значение в условиях перегрузки информации, когда человек не может справиться с последовательным пониманием поступающих ему сообщений, в результате чего его мозг одновременно пытается воспринимать и осмысливать информацию.

Один из подходов к распознаванию графических образов заключается в нахождении контура объекта и исследовании его свойств (цвета, наличии углов, текстуры и т. д.) и последовательной сегментации изображения на основе данных свойств.

Невозможно оставить без внимания Дэвида Марра, британского нейробиолога и психолога, внёсшего огромный вклад в развитие вычислительной нейробиологии – отрасли нейробиологии, которая использует математические модели, теоретический анализ и абстракции мозга для понимания принципов, которые управляют развитием, структурой, физиологией и когнитивными способностями нервной системы.

Он разработал информационный подход в зрительном восприятии, который заключался в представлении человека как сложной компьютероподобной системы переработки входящей сенсорной информации. Д. Марр считал, что зрительная система человека, анализируя изображение, получает из него информацию подобно компьютеру, решающему по определенному алгоритму конкретную задачу. В процессе восприятия рассматривается ряд этапов каждый из которых выполняет специфические операции по преобразованию информации, например: кодирование, выделение признаков, фильтрация, распознавание, проверка гипотез, принятие решения и др.

По теории Дэвида Марра зрительное восприятие человека аналогично алгоритму распознавания изображения.

В рамках данного реферата будет рассмотрена технология распознавания изображений с помощью последовательной сегментации образа по цвету и текстуре. Для более глубокого понимания данного процесса необходимо исследовать физиологию цветового восприятия человека и попытаться провести аналогию с алгоритмами, анализирующими изображения подобно человеку. В дополнение необходимо изучить теории цветового зрения, в частности трёхкомпонентную гипотезу цветовосприятия.

# **Физиология цветового восприятия**

У человека появляется способность ощущать цвет при возбуждении и торможении колбочек – цветочувствительных клеток – рецепторов – находящихся в сетчатке глаза.

## **2.1 Фоторецепторы. Палочки, колбочки и ipRGC**

Колбочки условно классифицируются по чувствительности к цветовому спектру на «красные», «зелёные» и «синие». Они отличаются пигментами, определяющие цветовое зрение, а именно: S-колбочки (синий цвет), M-колбочки (зелёный цвет) и L-колбочки (красный цвет). Каждая колбочка чувствительна соответственно к короткой, средней и длинной волне света RGB. Например, желто-зелёный свет одинаково активизирует колбочки L и M-типов, но слабее активизирует колбочки S-типа; красный свет возбуждает колбочки L-типа намного сильнее, чем колбочки M-типа, а S-типа не стимулирует почти совсем; зелено-голубой свет стимулирует рецепторы M-типа сильнее, чем L-типа, а рецепторы S-типа — ещё немного сильнее; свет с этой длиной волны наиболее сильно активизирует также палочки. Фиолетовый свет возбуждает почти исключительно колбочки S-типа. Различное восприятие света с разной длиной волны обеспечивается тем, что мозг воспринимает комбинированную информацию от разных рецепторов.

Колбочки, в отличие от палочек, лучше функционируют при достаточной освещённости и яркости, так как их светочувствительность сравнительно невысока. Причём, при достижении необходимой яркости для восприятия цвета более чувствительные рецепторы сумеречного зрения – палочки – автоматически «отключаются». Большинство колбочек расположено в центральной ямке сетчатки, их количество стремительно уменьшается к периферии. Интересно, что «синии» колбочки находятся ближе к периферии, а «красные» и «зеленые» расположены более случайным образом.

Мы можем распознавать тысячи различных цветов и оттенков благодаря соответствию колбочек трём «основным» цветам. Кривые спектральной чувствительности трёх видов колбочек частично перекрываются, что способствует явлению метамерии (свойство зрения, при котором свет различного спектрального состава может вызывать ощущение одинакового цвета). Очень яркий свет возбуждает все 3 типа рецепторов, и из-за этого воспринимается, как излучение слепяще-белого цвета (эффект метамерии). Равномерное возбуждение всех трёх элементов также вызывает ощущение белого цвета.

Известно, что форма колбочки не идентична в человеческой сетчатке. В центральной части сетчатки колбочки длинные и мягко сужающаяся, и более короткие и приземистые в периферийных частях сетчатки.

Таким образом, по сравнению с остальной частью сетчатки, колбочки в центре сетчатки имеют меньший диаметр и поэтому более плотно упакованы. Высокая пространственная плотность колбочек обосновывает высокую остроту зрения в ямке.

Колбочки являются по своей форме правильными конусами, таким образом, они являются эффективными волноводами (как оптические волокна), способными проводить свет от любой части видимого спектра особым способом. Оптические волноводы передают свет дискретно с разными показателями преломления, способами волновода, которые соответствуют медленному распространению по волокну, отражаясь под определенными углами от стенок волокна.

Палочки выполняют свои функции в условиях относительно низкой освещённости и отвечают за действие механизма ночного зрения, однако при этом они обеспечивают только нейтральное в цветовом отношении восприятие действительности, ограниченное участием белого, серого и чёрного цветов.

Фоточувствительные клетки сетчатки ipRGC (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells) — третий вид фоторецепторов глаза, кроме колбочек и палочек, светочувствительные нервные клетки сетчатки глаза.

Клетки ipRGC содержат светочувствительный пигмент фоторецепторов глаза меланопсин, который отличается от других фоточувствительных пигментов глаза — родопсина палочек и йодопсина колбочек. Поэтому их называют ещё mRGC (melanopsin-containing retinal ganglion cells). Находятся в возбуждённом состоянии постоянно даже при блокировании палочек и колбочек.

Следовательно, по сравнению с колбочками и палочками, фоторецепторы ipRGC реагируют на свет постоянно. Их основная роль — вовсе не создание оптических изображений, чем они существенно отличаются от палочек и колбочек, которые расположены в сетчатке на фокальной поверхности, а обеспечение устойчивого представления об окружающей световой, цветовой информации — о величине интенсивности падающего светового потока.

Фоточувствительные клетки ipRGC выполняют три функции:

1. Они синхронизируют циркадные ритмы  в течение суток, обеспечивая прежде всего оценку дневного и вечернего вида световой и цветовой информации. Они посылают информацию об освещённости через ретиногипоталамический тракт (ретиногипоталамический тракт (RHT) - это путь при прохождении лучей света через поверхностный слой прозрачного тела глаза нейронного входного пути) непосредственно в главный отдел циркадных ритмов мозга, ядру гипоталамуса (Супрахиазматическое ядро представляет собой небольшую область мозга в гипоталамусе по циркадным ритмам, расположенную над зрительными нервами).
2. Фоточувствительные нервные клетки также возбуждают другие мозговые области, регулируют размер зрачка. Нервные пути от этих ганглиозных клеток ведут порождённое в них светом возбуждение от сетчатки к гипоталамусу тремя разными путями, обеспечивая световое управление циркадными ритмами, а также по отдельному нервному пути обеспечивают реакцию сужения зрачка на свет.
3. Они участвуют в светорегулировании и в процессе подавления «засветок» от внезапного слишком сильного освещения благодаря выделению гормона — мелатонина из шишковидной железы.

Эти светочувствительные клетки отличаются своей способностью увеличения площади мембранной поверхности (молекула фоторецептора внедряется в мембрану, поэтому чем больше мембраны, тем больше опсинов они могут упаковывать). Фоточувствительные ганглиозные клетки ipRGC нервного узла отвечают на свет, деполяризуя и увеличивая норму, которую они выдают в виде импульса. В дополнение к ответной реакции они непосредственно являются информационными. Эти клетки могут получить возбудительные и тормозящие сигналы от палочек и колбочек посредством синаптических связей в сетчатке. Таким образом они участвуют в процессе цветового зрения человека совместно с колбочками и палочками, а также функционируют независимо от них с мозгом человека.

Таким образом установлено, что в процессе цветного зрения у млекопитающих и человека принимают участие три вида фоторецепторов: колбочки, палочки и ipRGC.

Фоторецепторы порождают потенциалы действия — нервные импульсы, дополнительно обрабатываемые в зрительной коре головного мозга, при помощи комбинированного движения, поведения биологических систем, которые замкнуты и имеют рефлекс, связывающий фоторецепторы и все его внутренние элементы с движением внешней среды, из которой поступает движущийся сигнал, и регулирующее по амплитуде или частоте движение саморегуляции биологических систем. Например, регулировка функции фочувствительного элемента фоторецепторов (мембран колбочек, палочек) означает автоматическую настройку их оптимального положения при раздражении падающими спектральными лучами RGB.

Субъективное восприятие цвета зависит также от скорости его изменения, адаптации глаза к свету с фона, от цвета соседних объектов, наличия дальтонизма и других объективных факторов; а также от того, к какой культуре принадлежит данный человек; и от других, ситуативных, психологических моментов.

## **Гены, отвечающие за цветовое зрение**

За цветовое зрение человека отвечают гены, кодирующие светочувствительные белки опсины, которые находятся в фоточувствительных клетках сетчатки.  Чувствительный к красному свету опсин кодируется у человека геном OPN1LW. OPN1MW, OPN1MW2 кодируют белки, чувствительные к свету со средними длинами волны, а OPN1SW отвечает за опсин, чувствительный к коротковолновой части спектра. Вариации гена OPN1MW, который кодирует «желто-зеленый» пигмент, встречаются редко и не влияют на спектральную чувствительность рецепторов.

## **2.3 Фотопигменты**

Фотопигмент с названием Йодопсин содержится в колбочках и участвует в механизме цветового зрения, он находится во всех колбочках глаза. Включает в себя фотопигменты хлоролаб, который поглощает лучи жёлто-зелёной части спектра, и эритролаб, который поглощает лучи жёлто-красной части спектра. Обнаружить присутствие третьего только теоретически предсказанного синечувствительного фотопигмента цианолаба, который содержится в «синих» колбочках, пока не удалось, что объясняется жёлтой пигментацией в районе центральной ямки, которая по мнению исследователей затрудняет идентифицировать фотопигмент при измерении, отборе, фототранслукции сигнала при воздействии на мембрану колбочек-S лучей фиолетово-синего спектра, которые обладают высокой частотой колебаний элетромагнитных волн и малой временной задержкой в период выделения биосигнала сфокусированной предметной точки в фокальной поверхности сетчатки.

## **2.4 Головной мозг и оптическое изображение**

Амакриновые клетки играют важную роль в регулировании и передачи сигналов колбочек и палочек в мозг. Они образуют сложную, соединенную щелевыми контактами сеть, а их отросток ветвится в области синаптических контактов биполярных ганглиозных нейронов, которые изменяют характер распространения возбуждения сигналов по нервным клеткам ганглиозного слоя.

Зрительная кора является частью коры больших полушарий головного мозга, отвечающая за обработку зрительной информации. Главным образом она сосредоточена в затылочной доле каждого из полушарий головного мозга. Зрительная кора включает в себя первичную зрительную кору (также называемую стриарной корой или зрительной зоной V1) и экстрастриарную зрительную кору — зоны V2, V3, V4, и V5.

Самые яркие выделенные сигналы видимых лучей света S, M, L — RGB, сфокусированных предметных точек на рецепторы колбочки сетчатки глаза, по зрительным нервам пересылаются в зрительную кору. Здесь формируется бинокулярное цветное оптическое изображение.

Обработка цвета начинается на очень раннем уровне зрительной системы (ещё в сетчатке) через механизмы первоначального оппонента цвета. В теории Геринга противодействующие механизмы относятся к противоположному цветовому эффекту красного-зеленого, сине-желтого и светло-темного. Однако в зрительной системе противодействует активность разных типов рецепторов. Некоторые сверхмалые ганглиозные клетки сетчатки препятствуют активности L- и M-колбочек, что примерно соответствует красно-зеленому противостоянию, но на самом деле проходит по оси от сине-зеленого до пурпурного. Ганглиозные клетки сетчатки противодействуют входу из S колбочек входу из L и M. Это противодействие проходит по цветовой оси от желто-зеленого до фиолетового. Затем визуальная информация отправляется в мозг от ганглиозных клеток сетчатки через зрительный нерв в хиазм – точку, где встречаются два зрительных нерва, и информация из височного поля зрения пересекает другую сторону мозга. После зрительного перекреста зрительные тракты входят в таламус в синапс в латеральном коленчатом ядре (LGN). Латеральное коленчатое ядро разделено на пластинки (зоны), из которых существует три типа: М-пластинки, состоящие в основном из М-клеток, Р-пластинки, состоящие в основном из Р-клеток, и кониоцеллюлярные пластинки. М- и Р-клетки получают относительно сбалансированный вход как от L-, так и от М-колбочек на большей части сетчатки, но это не так в центральной ямке, где сверхмалые клетки синапсируются в Р-пластинках. Кониоклеточные пластинки получают аксоны от небольших бистратифицированных ганглиозных клеток. После синапса в LGN зрительный тракт продолжается обратно в первичную зрительную кору (V1), расположенную в задней части мозга в затылочной доле. Внутри V1 есть отчетливая полоса. В V1 простая трехцветное разделение начинает разрушаться. Клетка, которая может лучше всего реагировать на длинноволновый свет, если свет относительно яркий, может затем стать чувствительной на все длины волн, если стимул относительно тусклый. Поскольку настройка цвета этих клеток нестабильна, некоторые полагают, что за цветовое зрение отвечает другая, относительно небольшая популяция нейронов в V1. Эти специализированные «цветные клетки» часто имеют рецептивные поля, которые могут вычислять локальные соотношения колбочек. Двойные оппонентные клетки сгруппированы в локализованных областях V1, называемых каплями, и бывают двух видов: красно-зеленые и сине-желтые. Красно-зеленые ячейки сравнивают относительное количество красного-зеленого в одной части сцены с количеством красного-зеленого в соседней части сцены, лучше всего реагируя на локальный цветовой контраст (красный рядом с зеленым).

Из капель V1 информация о цвете отправляется в ячейки во второй визуальной области V2. Клетки в V2, которые наиболее сильно настроены по цвету, сгруппированы в «тонкие полоски», которые, как и капли в V1, окрашивают фермент цитохромоксидазу. Затем нейроны в V2 синапсируют с клетками расширенной области V4. Эта область включает не только V4, но и дорсально-заднюю нижнюю височную кору. В частности, присутствие в V4 ячеек с избирательной ориентацией привело к тому, что V4 участвует в обработке цвета и формы. Обработка цвета в расширенном V4 происходит в цветных модулях миллиметрового размера, называемых шариками. Это первая часть мозга, в которой цвет обрабатывается с точки зрения полного диапазона оттенков в цветовом пространстве. Нейроны в расширенном V4 обеспечивают вход в нижнюю височную долю. ИТ-кора(затылочно-височная извилина) головного мозга объединяет информацию о цвете с формой и формой. Можно охарактеризовать этот путь (V1> V2> V4> IT) как вентральный(нижний/брюшной) поток, в отличие от дорсального(тыльный) потока, одна из функций которого – анализ движения.

# **Многокомпонентная теория цветового зрения**

Многокомпонентная теория цветного зрения — теория, объясняющая цветовое зрение человека на базе трихроматизма, она основана на принципах биофизики, биохимии, физики – что существуют три «основных» цвета RGB, которые при смешивании позволяют получить любой оттенок цвета.

Трёхсоставную теорию цветового зрения впервые высказал в 1756 году М. В. Ломоносов, когда он писал «о трёх материях дна ока». Сто лет спустя её развил немецкий учёный Г. Гельмгольц. Теория Гельмгольца объясняет восприятие цвета только на уровне колбочек сетчатки и не может объяснить все феномены цветоощущения, такие как цветовой контраст, цветовая память, цветовые последовательные образы, константность цвета и др., а также некоторые нарушения цветового зрения.

Параллельно существовала теория цвета Эвальда Геринга. Её развили Дэвид Хьюбел и Торстен Визел. Они предположили, что в мозг поступает информация не о красном (R), зелёном (G) и синем (B) цветах (теория цвета Юнга—Гельмгольца), а о разнице яркости белого (Yмах) и чёрного (Yмин), зелёного и красного (G — R), синего и жёлтого цветов (B — yellow), а жёлтый цвет (yellow = R + G) есть сумма красного и зелёного цветов, где R, G и B — яркости цветовых составляющих — красного, зелёного, и синего.

Клетки ipRGC, расположенные в сетчатке и рефлекторно связанные с палочками и колбочками, имеют прямую и обратную связь с мозгом. Они участвуют в обработке информации, поступающей изначально при зрении, являясь фильтром УФ падающих лучей, и взаимодействуют с фоторецепторами сетчатки и мозгом, так как они своими синапсами связаны с ними. Фоторецепторы ipRGC участвуют в работе колбочек-S и зрительных отделов головного мозга в создании оптического изображения.

Объяснение трихроматизму состоит в том, что у обычного человека сетчатка глаза содержит три вида цветовых фоторецепторов, названных колбочками сетчатки глаза. В зависимости от сфокусированной на них точки изображения они способны воспринимать видимые лучи данной точки и выделять из них три вида основных, базисных, самых ярких световых лучей (S, M, L), а далее передавать их в мозг. На рецепторном уровне происходит выделение основных биосигналов RGB. Фоторецепторы ipRGC связаны с ними и участвуют в последующей передаче этих биосигналов в головной мозг. В мозгу происходит окончательное формирование (на нейронном уровне) цветного, стерео оптического изображения (в зрительных отделах головного мозга) — появления ощущения цвета.

# **Распознавание изображений с помощью цветовой и текстурной сегментации**

Классическая проблема компьютерного зрения, обработки изображений и машинного зрения состоит в том, чтобы определить, содержат ли данные изображения какой-либо конкретный объект, функцию или действие.

## **4.1 Функции систем компьютерного зрения**

1. Получение изображения - цифровое изображение создается одним или несколькими датчиками изображения, которые, помимо различных типов светочувствительных камер, включают датчики дальности, устройства томографии, радар, ультразвуковые камеры и т. д.
2. Предварительная обработка - прежде чем метод компьютерного зрения может быть применен к данным изображения для извлечения некоторой информации, обычно необходимо обработать данные, чтобы убедиться, что они удовлетворяют определенным предположениям, подразумеваемым методом.
3. Извлечение функций - из данных изображения извлекаются элементы изображения разного уровня сложности. Типичными примерами таких функций являются: Линии, края и выступы. Локализованные точки интереса, такие как углы, капли или точки. Более сложные функции могут быть связаны с текстурой, формой или движением.
4. Обнаружение / сегментация - на определенном этапе обработки принимается решение о том, какие точки или области изображения имеют отношение к дальнейшей обработке. Примеры: Выбор определенного набора точек интереса. Сегментация одной или нескольких областей изображения, содержащих определенный интересующий объект. Сегментация изображения на вложенную архитектуру сцены, включающую передний план, группы объектов, отдельные объекты или заметные части объекта.
5. Обработка высокого уровня - на этом этапе ввод обычно представляет собой небольшой набор данных, например набор точек или область изображения, которая, как предполагается, содержит определенный объект.
6. Принятие решения.

## **Сегментация изображений**

Сегментация изображений – это процесс разбиения изображения на части, которые представляют собой множества пикселей (суперпикселей), объединенных по тем или иным признакам. Результатом сегментации является совокупность сведений об исходном изображении, называемая картой изображения. Сегментация позволяет уменьшить объем информации на изображении, а также облегчить его анализ.

Применение сегментации:

• В анализе медицинских снимков – выявление клеточных и субклеточных структур;

• В системах безопасности – идентификация радужной оболочки, отпечатков пальцев, распознавание лиц;

• В системах контроля дорожной обстановки – регистрация автотранспортных номеров, модели автомобиля;

• В анализе космических снимков – мониторинг природных и искусственных объектов, природно-климатических, ландшафтных изменений и др.

Алгоритмы сегментации обычно разрабатываются для конкретных объектов. Более общие подходы сталкиваются с исключительной вычислительной сложностью.

В результате сегментации исходное изображение делится на классы, однородные по некоторой характеристике или вычисленному свойству. Примерами таких свойств служат цвет, яркость или текстура. При этом методы, используемые для сегментации, еще более разнообразны, чем признаки, по которым различаются отдельные классы.

## **4.3 Концепции выделения объектов**

### **Выделение целевых объектов на изображении.**

Особенности:

* На выходе единственное разбиение на объекты
* Решает задачу распознавания объектов интереса

Преимущества:

* Даёт готовые решения

Недостатки:

* Требует обучения или предварительной настройки
* Обеспечивает устойчивое выделение только объектов интереса

Концепция выделения целевых объектов объединяет процессы выделения и распознавания и поэтому:

1) Обеспечивает узконаправленные решения.

2) Приводит к созданию большого количества трудоемких решений с возрастанием числа целевых объектов.

### **Выделение всех объектов, присутствующих на изображении.**

Особенности:

* На выходе множество разбиений и множество объектов
* Разделение процессов выделения и распознавания

Преимущества:

* Применимо для улучшения традиционной сегментации О
* Обеспечивает устойчивую аппроксимацию изображения
* Не использует предположений об объектах и изображениях

Недостатки:

* Вычислительно сложная задача

В данной концепции целевыми являются все объекты, для детектирования которых необходимо:

1. Обобщить и унифицировать понятие «объекта».
2. Для определения понятия «объекта» как элемента наилучшего разбиения установить численную оценку качества разделения изображения на «объекты».

## **4.4 Методы сегментации**

1. Единственное разбиение.

* Без функционала качества (метод выделения водоразделов, методы выделения краёв)
* С функционалом качества (классические методы кластерного анализа, методы с использованием гистограмм яркости, иерархические методы, методы разреза графов)

1. Множественное разбиение. (пирамидальный метод, адаптивно- иерархическая сегментация)

### **Методы, основанные на кластеризации**

k-средних — это итеративный метод, который используется, чтобы разделить изображение на *K* кластеров. Базовый алгоритм приведён ниже:

1. Выбрать *K* центров кластеров;
2. Поместить каждый пиксель изображения в кластер, центр которого ближе всего к этому пикселю;
3. Заново вычислить центры кластеров, усредняя все пиксели в кластере;
4. Повторять шаги 2 и 3 до сходимости (например, когда пиксели будут оставаться в том же кластере).

Здесь в качестве расстояния обычно берётся сумма квадратов или абсолютных значений разностей между пикселем и центром кластера. Разность обычно основана на цвете, яркости, текстуре и местоположении пикселя, или на взвешенной сумме этих факторов. *K* может быть выбрано вручную, случайно или эвристически. Этот алгоритм гарантированно работает, но не всегда является оптимальным решением, так как качество итога зависит от начального множества кластеров и значения *K*.

### **Методы с использованием гистограммы**

Методы с использованием гистограммы очень эффективны, так как требуют только один проход по пикселям. В этом методе гистограмма вычисляется по всем пикселям изображения, и её минимумы и максимумы используются, чтобы найти кластеры на изображении. Цвет или яркость могут быть использованы при сравнении. Улучшение этого метода — рекурсивно применять его к кластерам на изображении для того, чтобы поделить их на более мелкие кластеры. Процесс повторяется со всё меньшими и меньшими кластерами до тех пор, когда перестанут появляться новые кластеры.

Один недостаток этого метода — то, что ему может быть трудно найти значительные минимумы и максимумы на изображении. В этом методе классификации изображений похожи метрика расстояний и сопоставление интегрированных регионов.

Подходы, основанные на использовании гистограмм, можно также быстро адаптировать для нескольких кадров, сохраняя их преимущество в скорости за счёт одного прохода. Гистограмма может быть построена несколькими способами, когда рассматриваются несколько кадров. Тот же подход, который используется для одного кадра, может быть применён для нескольких, и после того, как результаты объединены, минимумы и максимумы, которые было сложно выделить, становятся более заметны. Гистограмма также может быть применена для каждого пикселя, где информация используется для определения наиболее частого цвета для данного положения пикселя.

### **Выделение краёв**

Выделение краёв — это хорошо изученная область в обработке изображений. Границы и края областей сильно связаны, так как часто существует сильный перепад яркости на границах областей. Поэтому методы выделения краёв используются как основа для другого метода сегментации.

Обнаруженные края часто бывают разорванными. Но чтобы выделить объект на изображении, нужны замкнутые границы области.

### **Методы разрастания областей**

Первым был метод разрастания областей из семян. В качестве входных данных этот метод принимает изображения и набор семян. Семена отмечают объекты, которые нужно выделить. Области постепенно разрастаются, сравнивая все незанятые соседние пиксели с областью. Разность {\displaystyle \delta }между яркостью пикселя и средней яркостью области используется как мера схожести. Пиксель с наименьшей такой разностью добавляется в соответствующую область. Процесс продолжается, пока все пиксели не будут добавлены в один из регионов. Метод разрастания областей из семян требует дополнительного ввода. Результат сегментации зависит от выбора семян. Шум на изображении может вызвать то, что семена плохо размещены. Метод разрастания областей без использования семян — это изменённый алгоритм, который не требует явных семян. Он начинает с одной области{\displaystyle A\_{1}} — пиксель, выбранный здесь, незначительно влияет на конечную сегментацию. На каждой итерации он рассматривает соседние пиксели так же, как метод разрастания областей с использованием семян. Но он отличается тем, что если минимальная {\displaystyle \delta }меньше, чем заданный порог{\displaystyle T}, то он добавляется в соответствующую область {\displaystyle A\_{j}}. В противном случае пиксель считается сильно отличающимся от всех текущих областей {\displaystyle A\_{i}}создаётся новая область{\displaystyle A\_{n+1}}, содержащая этот пиксель.

### **Методы разреза графа**

Методы разреза графа могут быть эффективно применены для сегментации изображений. В этих методах изображение представляется как взвешенный неориентированный граф. Обычно пиксель или группа пикселей ассоциируется вершиной, а веса рёбер определяют (не)похожесть соседних пикселей. Затем граф(изображение) разрезается согласно критерию, созданному для получения «хороших» кластеров. Каждая часть вершин (пикселей), получаемая этими алгоритмами, считается объектом на изображении.

### **Сегментация методом водораздела**

В сегментации методом водораздела рассматривается абсолютная величина градиента изображения как топографической поверхности. Пиксели, имеющие наибольшую абсолютную величину градиента яркости, соответствуют линиям водораздела, которые представляют границы областей. Вода, помещённая на любой пиксель внутри общей линии водораздела, течёт вниз к общему локальному минимуму яркости. Пиксели, от которых вода стекается к общему минимуму, образуют водосбор, который представляет сегмент.

### **Сегментация с помощью модели**

Основное предположение этого подхода — то, что интересующие структуры или органы имеют повторяющиеся геометрические формы. Следовательно, можно найти вероятностную модель для объяснения изменений формы органа и затем, сегментируя изображение, накладывать ограничения, используя эту модель как априорную. Такое задание включает в себя приведение тренировочных примеров к общей позе, вероятностное представление изменений приведённых образцов и статистический вывод для модели и изображения.

### **Многомасштабная сегментация**

Сегментация изображений выполняется в разных масштабах в масштабном пространстве и иногда распространяется от мелких масштабов к крупным.

Критерий сегментации может быть произвольно сложным и может принимать во внимание как локальные, так и глобальные критерии. Общее требование — то, что каждая область должна быть связана в некотором смысле.

## **4.5 Идея использования цветовой и текстурной сегментации в распознавании изображений**

Распознавание лиц — практическое применение теории распознавания образов, в задачу которого входит автоматическая локализация лица на фотографии и идентификация человека по лицу.

Интерес к процедурам, лежащим в основе процесса узнавания и распознавания лиц, всегда был значительным, особенно в связи с возрастающими практическими потребностями: охранные системы, верификация, криминалистическая экспертиза, телеконференции и т. д. Несмотря на то, что человек хорошо идентифицирует лица людей, совсем не очевидно, как научить ЭВМ проводить эту процедуру, в том числе как декодировать и хранить цифровые изображения лиц. Еще менее ясными являются оценки схожести лиц, включая их комплексную обработку. Можно выделить несколько направлений исследований проблемы распознавания лиц:

* нейропсихологические модели;
* нейрофизиологические модели;
* информационно — процессуальные модели;
* компьютерные модели распознавания.

Рассмотрим метод автоматического обнаружения лиц на изображениях на основе анализа цвета. Сначала нужно считать исходное изображение. Далее необходимо на изображении лица выбрать пиксели с характерным цветом, определить среднее значение их интенсивности и отклонение.  
На основе знаний о значениях интенсивностей пикселей цвета лица и их возможных вариациях проводится сегментация изображения.  
Целью сегментации было выделение лица на изображении. Но на изображении могли присутствовать и другие объекты, значения интенсивностей пикселей которых совпали с интенсивностью пикселей лица. В результате на сегментированном изображении кроме лица выделились и другие объекты. Теперь на сегментированном изображении предстоит найти изображение лица. Критерии поиска могут быть разными. Это может быть площадь, форма и др. После того, как мы нашли лицо, проводим выделение выбранного лица.

Если же на изображении присутствует несколько лиц одновременно, то рассмотренный метод необходимо модифицировать.

Первые несколько шагов (считывание исходного изображения, выбор характерных пикселей, сегментация и фильтрация) аналогичны.  
Далее необходимо проанализировать объекты на изображении. Сначала определим общее количество объектов на изображении и отметим их.  
На основе анализа условий съемки и площадей отмеченных объектов определяем расположение лиц на изображении. Для повышения достоверности определения лиц на изображении, нужно использовать также и другие критерии, которые могут базироваться на основе анализа формы изображения лица, иначе на ряду с лицом могут выделиться, например, руки. Поэтому необходимо использовать также другие критерии, например, анализировать форму.

# **Заключение**

В ходе проведённого мной исследования, была рассмотрена физиология цветового восприятия, многокомпонентная теория цветового зрения, а также практическое применение данных знаний – распознавание объектов на основе сегментации по цвету и текстуре. Как конкретный пример использования данной технологии привожу создание программы распознавания лиц.

# **Литература**

1. Теории восприятия

<https://studfile.net/preview/6827896/page:13/>

1. Распознавание образов

<https://intuit.ru/studies/courses/2191/423/lecture/9623>

1. Фоточувствительные клетки сетчатки ipRGC

<http://cyclowiki.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%87%D1%83%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BA%D0%B8_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8_ipRGC>

1. Многокомпонентная теория цветового зрения

<http://cyclowiki.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F#.D0.9A.D0.BE.D0.BB.D0.B1.D0.BE.D1.87.D0.BA.D0.B8_.D0.B8_.D1.86.D0.B2.D0.B5.D1.82.D0.BD.D0.BE.D0.B5_.D0.B7.D1.80.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5>

1. Трёхкомпонентная теория

<http://cyclowiki.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%91%D1%85%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F>

1. Теория цветоощущения Гельмгольца

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BE%D1%89%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%93%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B0#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D0%BE%CC%81%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BE%D1%89%D1%83%D1%89%D0%B5%CC%81%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%93%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B3%D0%BE%CC%81%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B0%20(%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BE%D1%89%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F,%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%20%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%20%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5%D0%BC%20%D1%8D%D1%82%D0%B8%D1%85%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2>

1. Многокомпонентная теория

http://cyclowiki.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F\_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F\_%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\_%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F

1. Трёхкомпонентная теория

<https://science.wikia.org/ru/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%91%D1%85%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F>

1. Колбочки как волноводы

<http://cyclowiki.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B_%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%8B_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B5%D0%BA_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8_%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%B0>

1. Зрительное восприятие

<https://ru.qaz.wiki/wiki/Visual_perception>

1. Теория Д.Марра

<https://studme.org/182209/psihologiya/informatsionnaya_teoriya_zritelnogo_vospriyatiya_marra>

1. Сегментация изображений по цвету и текстуре

<https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C01/V2/142.pdf>

1. Методы сегментации

http://conference.spiiras.nw.ru/seminar\_ICT/20160205Khanykov.pdf

1. Сегментация

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B3%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9)>

1. Распознавание лиц

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5\_%D0%BB%D0%B8%D1%86