

УДК 004.42: 612.845.57

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ НАРУШЕНИЙ ЦВЕТОВОГО  
ЗРЕНИЯ****Якушева Е.Н., Шатохин П.А.**

Донецкий национальный технический университет,  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: [prekrasnius@gmail.com](mailto:prekrasnius@gmail.com) [PShatokh@mail.ru](mailto:PShatokh@mail.ru)

**Аннотация**

*Якушева Е.Н., Шатохин П.А. Разработка системы тестирования нарушений цветового зрения. Обозначены основные нарушения цветового зрения и методы их диагностирования. Приведены примеры существующих программных продуктов. Определен подход формирования требований к разработке систем тестирования. Сформулированы дальнейшие цели и описаны перспективы.*

**Механизм цветового зрения**

В центральной части сетчатки глаза расположены колбочки – рецепторы, воспринимающие видимый спектр света. Каждый из трёх видов колбочек имеет свой тип цветочувствительного пигмента и обладает собственной спектральной чувствительностью. Один тип пигмента чувствителен к красному цвету, другой — к зелёному, третий — к синему. Люди с нормальным цветным зрением имеют в колбочках все три пигмента (красный, зелёный и синий) в необходимом количестве. Их называют трихроматами. Видение всех красок мира обеспечивается «складыванием» именно этих трех цветов в нашем мозге.

В случае ослабления нехватки одного из пигментов цветовое зрение нарушается – это называется дальтонизм. Дальтоники делятся на дихроматов, у которых ослаблено восприятие одного цвета, и монохроматов, различающих только градации серого. Различают следующие виды дихроматизма. Протанопия – слепота на красный цвет. Дейтеранопия – слепота на зеленый цвет. Тританопия – слепота на синий цвет.

Троичная система восприятия цвета широко используется в компьютерной индустрии. Всемирно известная цветовая модель RGB основана на естественном восприятии цвета человеком. Человеческое зрение реагирует отдельно на короткие, средние и длинные волны, которым соответствуют отдельные рецепторы сетчатки. Этим длинам волн соответствуют Красный (Red), Зеленый (Green) и Синие (Blue) цвета, которые являются каналами этой цветовой модели. Программы, работающие с цветами, активно используют RGB-режим, основанный на смешивании основных цветов. Смешивая свет трех длин волн, и изменяя их интенсивность, можно получить любой существующий цвет. Смесь, состоящая из 100% каждого цвета, дает белый цвет. Отсутствие всех цветов дает черный цвет.

**Существующие методы тестирования цветового зрения**

Для оценки функции и дефектов цветового зрения человека используют три типа методов: спектральные, электрофизиологические, метод пигментных таблиц. Выделяют количественные и качественные тесты для исследования.

Самые точные результаты проверки различных видов цветного зрения дает аномалоскоп – прибор, предназначенный для выявления аномальной трихромазии, исследования врождённых нарушений восприятия красно-зелёных цветов. Действие аномалоскопа основано на принципе достижения субъективно воспринимаемого равенства цветов путём дозированного составления цветовых смесей. С одной стороны экрана находится определенный цвет, например, желтый, а с другой стороны смесь цветов, например, красного и зеленого. Исследуемый должен смешать предложенные с другой

стороны экрана два цвета так, чтобы получить идентичные цвета с обеих сторон. Определённое сочетание оттенка и яркости стимула при составлении равенства позволяет выявить тот или иной вариант нарушения цветовосприятия. Пара сравниваемых цветов различается по уровню возбуждения одного из типов колбочек. При их отсутствии пациент неспособен видеть подобные различия.

В основу пороговых таблиц Юстовой положен тот же пороговый принцип оценки цветоаномалии, что и в аномалоскопе. Различия между сравниваемыми цветами в аномалоскопе улавливаются плавно, а в таблицах - дискретно. Физиологическая система цветовых координат («красный-зелёный-синий») - основа методики подбора цветов, не различаемых дихроматами. Предусмотрена трёхступенчатая оценка цветослабости каждого типа колбочек, а для красного и зелёного — тест на цветослепоту.

100-оттеночный тест Фарнsworth-Мюнселла получил наибольшее распространение в диагностике приобретённых нарушений цветового зрения для выявления начальных изменений, в том числе при патологии сетчатки и зрительного нерва. Тестирование занимает много времени, метод трудоёмкий для врача и утомительный для пациента.

При приеме рекрутов на флот для проверки используют так называемый тест FALANT, когда участникам предлагают на расстоянии определить, какой свет излучает маяк. Одновременно загорается два света из возможных трех – красного, зеленого и белого. Однако свет пропускают через специальные «фильтры», за счет чего цвет «приглушается». Это делается для того, чтобы дальтоники не могли определить свет по его яркости

Полихроматические таблицы используются для выявления врождённых дефектов цветового зрения и отличия их от нормальной трихромазии. Кроме того, с их помощью можно установить форму нарушения цветового зрения (протанопия, дейтеранопия, протаномалия, дейтераномалия), степень его выраженности (А, В, С) и выявить приобретённые нарушения восприятия жёлтого и синего цветов (тританопия).

К полихроматическим таблицам относятся, например, таблицы Штиллинга, Ишихары, Шаафа, Флетчера-Гамблина, Рабкина и др. Теоретическая основа метода — различное восприятие цветовых тонов в длинноволновой и средневолновой части спектра нормальными трихроматами и дихроматами, а также различие распределения яркости в спектре для разных видов цветового зрения.

Доктор наук Шинобу Исихара разработал свою систему тестирования для проверки солдат японской армии на различение цветов. Таблички представляли собой круги с разукрашенными акварельными красками цветными точками, посередине которых красками другого цвета были выведены числа. Но данный тест имел недостатки – иногда цвета фона и цифр были настолько разными, что не заметить их было невозможно, или, наоборот, неправильное освещение затемняло цвет цифр, тем самым усложняя задачу даже для людей с нормальным зрением.

Полихроматические таблицы могут быть представлены также компьютерными вариантами, мониторными тестами, имеющими важную диагностическую ценность при определении профессиональной пригодности для работы на транспорте и т.д.

На скорость выполнения теста и его результаты могут влиять состояние тестируемого, его внимание, тренированность, возраст, степень утомления, уровень грамотности, интеллекта, освещённость панельных тестов, таблиц и помещения, в котором проводится исследование, наличие помутнения оптических сред, полиграфическое качество пигментных полихроматических таблиц.

Для выявления труднораспознаваемых нарушений цветового зрения используют тесты с менее насыщенными цветами.

### **Разработка компьютеризированной системы тестирования**

Сегодня тестирование цветового зрения часто проводится с помощью компьютера. Полихроматические таблицы Рабкина и Ишихары – самые популярные методы,

используемые в компьютеризированных системах тестирования цветового зрения. К сожалению, существующие системы тестирования, как правило, используют сканированные из печатных изданий изображения, в результате чего точность таких тестов представляется сомнительной. Также компьютеризация здесь обычно заключается только в том, что все интерпретации и расшифровки выводятся пользователю на экран сразу после ответа на тестовый вопрос, и осуществлять подсчет результатов он должен самостоятельно. Такая «компьютеризация» не способствует ускорению процесса и снижению каких-либо затрат.

Чтобы доступные в Internet тесты нарушений цветового зрения были эффективными, они должны отвечать нескольким требованиям:

- система тестирования должна использовать разные методики для получения наиболее точного результата;
- из существующих методов тестирования должны быть отобраны самые надежные (дающие ответы, максимально приближенные к реальности);
- все изображения, используемы в тесте, должны быть созданы с помощью специального программного обеспечения, а не отсканированы;
- подсчет результатов должен осуществляться программой автоматически;
- результатом тестирования должно являться полное описание нарушения зрения, а также рекомендации для выдачи пользователю.

В разрабатываемой системе, предназначенной для тестирования нарушений цветового зрения, учтены все вышеперечисленные недостатки. На основании испытаний, проведенных с группой добровольцев, страдающих нарушениями цветового зрения (50 человек), были отобраны недостаточно эффективные тестовые вопросы, для их дальнейшего исключения из перечня необходимых и достаточных для диагностирования. Компьютеризированная система тестирования разрабатывается, исходя из оставшихся тестовых вопросов, дающих верные ответы. Обработка информации осуществляется автоматически. Выходными данными являются установленный диагноз и выданные рекомендации. Система сохраняет результаты тестирования для их возможной последующей обработки.

### **Выводы**

Представленный подход к разработке систем тестирования цветового зрения оптимален для проверки зрения пользователем онлайн. Полученные данные обладают большей точностью, чем полученные при обычном тестировании с помощью сканированных изображений, когда пользователь вынужден самостоятельно подсчитывать количество верных ответов. Снижается количество возможных ошибок и неточностей, ввиду тщательного отбора тестовых вопросов.

Сохраненные в базе результаты тестирования могут использоваться для извлечения из них знаний (Data Mining). Представленный подход повышает точность исследования и может использоваться офтальмологами и другими заинтересованными пользователями.

### **Список литературы**

1. Петровский, Б. В. Популярная медицинская энциклопедия, ст. “Зрение”, “Цветовое зрение”, ”Советская энциклопедия”, 1988
2. Особенности цветового восприятия человека [Electronic resource] / Интернет-ресурс. Режим доступа: [www/ URL: http://www.galactic.org.ua/Prostranstv/zrenie4.htm](http://www.galactic.org.ua/Prostranstv/zrenie4.htm) - Загл. с экрана.
3. Цифровые технологии глазами дальтоника [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: http://www.medkrug.ru/article/show/3807](http://www.medkrug.ru/article/show/3807) - Загл. с экрана.
4. Аветисов С.Э. Офтальмология. Национальное руководство – М., 2008. – 1017 с.
5. Тестирование цветового зрения [Electronic resource] / Интернет-ресурс. Режим доступа: [www/ URL: http://enc.guru.ua/index.php?content\\_id=231](http://enc.guru.ua/index.php?content_id=231) - Загл. с экрана.