

Белокопытов А. В.

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОРОГОВ ЦВЕТРАЗЛИЧЕНИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ
ДЛЯ ЛИЦ С АНОМАЛИЯМИ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ.**

Москва, Россия

Belokopytov A.V.

**METHOD FOR MEASUREMENT OF COLOR DISCRIMINATION
THRESHOLDS. RESULTS FOR PERSONS WITH ANOMALOUS COLOR
VISION.**

Moscow, Russia

В отличие от колориметрии сравнения, где глаз наблюдателя используется как «нулевой прибор», и опыт заканчивается при достижении неразличимости полуполей, в исследованиях порогов цветоразличения изучаются погрешности этого «нулевого прибора», и опыт заканчивается, когда наблюдатель сообщает о различимости полуполей.

В исследованиях цветового зрения человека понятия яркости и цвета отделены друг от друга. Яркость считается линейной функцией интенсивностей основных цветов прибора (колориметра), а цвет зависит от соотношений их интенсивностей. Известные автору исследования порогов цветоразличения проводились при одинаковой яркости полуполей. При наложении условия равной яркости теряется одно измерение – трехмерное цветовое пространство пересекается некоторой плоскостью, получаются плоские фигуры на этой «равносветлой» плоскости – так называемые эллипсы МакАдама. Раутиан Г.Н. в [1] особо подчеркивает условие проведения своих исследований « $k+z+c=\text{const}$ », где k , z , c – интенсивности красного « k », зеленого « z » и синего « c » излучений сдвоенного колориметра конструкции Раутиана Г.Н. Как отмечал Гуревич М.М. в [2] на с.227-229, если отказаться от условия постоянной яркости, то вместо плоских эллипсов должны получиться объемные тела – эллипсоиды, однако такие исследования автору неизвестны.

Автор реализовал идею Гуревича М.М. с использованием компьютерного монитора в качестве колориметра – цвет и яркость точки экрана монитора (пикселя) программно задаются тройкой чисел (R,G,B) , которые меняются от 0 до 255 (8-битное представление цвета). В отличие от классических колориметров, зависимость интенсивностей излучений монитора от величин (R,G,B) нелинейна, имеет степенной характер с показателем степени около 2.4 (Gamma), что отражает по мнению автора основной закон физиологии Вебера-Фехнера, учтенный при конструировании мониторов (и телевизоров).

На экране монитора программно формируются 2 смежных полуполя прямоугольной формы: левое, эталонное полуполе с цветовыми координатами (R_0,G_0,B_0) , и правое тестовое с координатами (R,G,B) . Наблюдатель сначала задает цвет (и яркость) эталонного полуполя (R_0,G_0,B_0) , затем меняет значения (R,G,B) тестового полуполя с шагом в 1 до тех пор, пока не заметит различия полуполей. Измерения могут проводиться во всем цветовом пространстве монитора $(R=0..255, G=0..255, B=0..255)$. Однако измерение трехмерных пороговых эллипсоидов весьма трудоемко. Поэтому практически проводятся измерения сечений пороговых эллипсоидов (получаются эллипсы) в 3-х плоскостях — $RG (B_0=B=const)$ или $BG (R_0=R=const)$ или $BR (G_0=G=const)$, однако измерения остаются трехмерными. Экспериментальная программа для измерений реализована на языке Javascript с использованием HTML5 элемента canvas и доступна на сайте автора [3].

Автор провел измерения около 10 взрослых человек мужского пола. У лиц с нормальным цветовым зрением получаются пороговые эллипсы (почти круги) с размером 3-5 единиц при любых значениях (R_0,G_0,B_0) , что наводит на мысль о равноконтрастности цветового пространства мониторов и телевизоров. Результаты практически не зависят от модели монитора и его калибровки.

У лиц с дефектами цветного зрения картина совсем другая. Получаются полуэллипсы, полосы, фигуры более сложной формы. На Рис.1 представлены результаты измерений испытуемого БАВ (сам автор), имеющего врожденную

сильную протаномалию. Структура цветного зрения данного лица сложная: в плоскости RG в области $G > R$ его можно отнести к протанопам, в области $G < R$ – к цветослабому на зеленый цвет. На Рис.2 представлены результаты измерений испытуемого РВЛ (сильная дейтероаномалия?) с еще более сложной структурой цветного зрения.

Литература

1. Раутиан Г.Н. Пороги цветоразличения. – Докл. АН СССР, Том 92, №5, 1953.
2. Гуревич М.М. Цвет и его измерение. – Изд-во АН СССР, М-Л, 1950. – 267 с.
3. <http://daltonizm.ru/cdm/cdm.html>

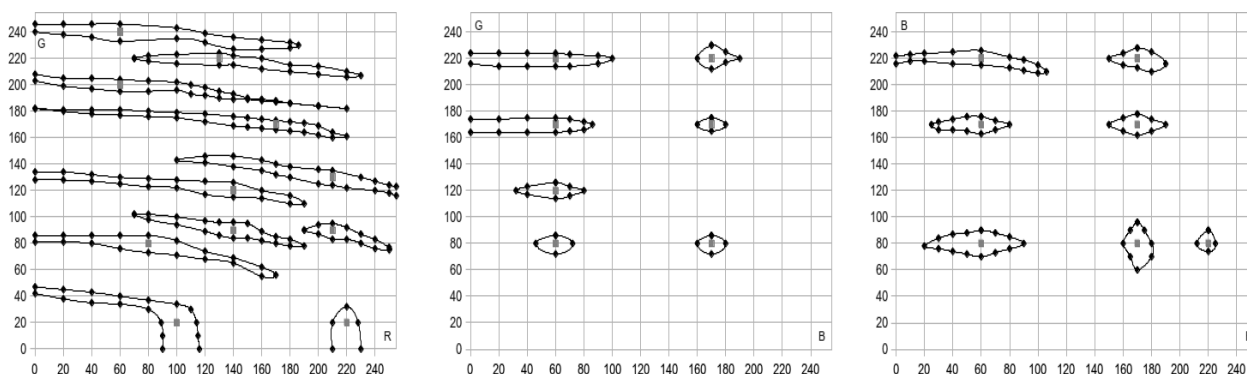


Рис 1. Результаты измерений порогов цветоразличения испытуемого БАВ в плоскостях GR ($B_0=0$), GB ($R_0=0$), BR ($G_0=0$). Монитор BenQ G700.

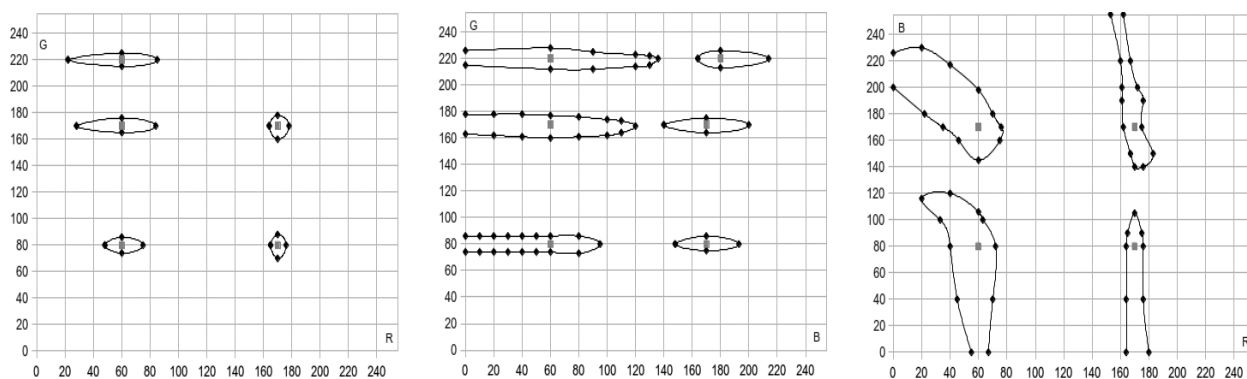


Рис 2. Результаты измерений порогов цветоразличения испытуемого РВЛ в плоскостях GR ($B_0=0$), GB ($R_0=0$), BR ($G_0=0$). Монитор Apple Cinema HD.