

Анализ данных окулографии с использованием адаптации алгоритма определения порогового значения скорости для изучения влияния черной цветовой гаммы объектов на приоритизацию визуального внимания

М.А. Болдырев

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Понятие "окулография" (отслеживание глаз) описывает технологический метод, который применяется для регистрации движений глаз в реальном времени. Эта методика предоставляет возможность исследователям анализировать направленность внимания испытуемых на различные элементы интерфейсов. Цвет является мощным инструментом для его привлечения. Понимание того, какие цвета первыми привлекают внимание, позволяет маркетологам правильно расставлять акценты на визуальных стимулах, которыми могут выступать, например, рекламные материалы, в которых присутствует одежда различных цветов, с целью улучшения опыта взаимодействия потенциального потребителя с данным контентом. Целью данной работы является определение влияния черного цвета одежды на приоритет внимания человека. Для достижения данной цели были проведены эксперименты, в ходе которых происходило отслеживание взгляда испытуемых с помощью веб-камеры во время изучения ими экспериментального изображения. Анализ итоговых данных экспериментов, полученных с помощью адаптированного алгоритма определения порогового значения скорости, показал высокий приоритет внимания для черного цвета одежды. В 87.5% случаев на нее обращали внимание в первую очередь, при этом пол испытуемого не играл существенной роли в данном восприятии. Полученные результаты могут помочь в развитии исследований, направленных на повышение эффективности восприятия информации.

Ключевые слова: окулография, алгоритм определения порогового значения скорости, технология отслеживания глаз, приоритет внимания, область интереса, время до первой фиксации, реклама, одежда, цвет

Введение

Отслеживание глаз – это экспериментальный метод регистрации направления взгляда на визуальном стимуле. Во многих исследованиях, посвященных данному методу, исследователей интересует только определенные части стимула. Для этого создаются интересующие области (области интереса) [1].

Траектория взгляда представляет собой последовательность фиксаций в хронологическом порядке, где под фиксацией подразумевается стабилизация взгляда на области интереса в течение определенного периода

времени. Фиксации связываются между собой с помощью саккад – быстрых перемещение глаз [2]. Метрика времени до первой фиксации является лучшей для анализа приоритета внимания [1].

Технологии отслеживания глаз включают в себя разнообразные методы и устройства. Выделяют следующие подходы:

- Использование камер видимого и инфракрасного спектра

Такие устройства подразделяются на: десктопные, носимые, мобильные. Например, носимые инфракрасные устройства надеваются на голову и предоставляют возможность фиксировать направление взгляда при поворотах головы [3].

- Использование электроокулографии (ЭОГ)

Такой подход основан на измерении электрических потенциалов, возникающих в результате движения глазных мышц. Эти потенциалы регистрируются с помощью электродов, обычно размещенных на коже вокруг глаз [4]. Изменения электрических сигналов свидетельствуют о смене направления взгляда.

Также существует возможность совмещения технологии отслеживания глаз с другими технологиями, например, с электроэнцефалографией (ЭЭГ) и функциональной магнитно-резонансной томографией (фМРТ) [1].

Из-за наличия нескольких технологий для отслеживания глаз возник вопрос о выборе оптимальной для данного исследования. Устройства с использованием камер видимого спектра, а также использование электроокулографии являются бюджетными альтернативами использования инфракрасных девайсов и существенно не проигрывают им в точности измерений [4 – 5]. Для проведения экспериментов в данном исследовании было выбрано использование камеры видимого спектра по следующей причине – отслеживание глаз с помощью веб-камеры функционирует на основе бесконтактного подхода, что является важным фактором при

проведении исследования с людьми, которые испытывают дискомфорт от контакта с электродами.

Цвет является важным фактором визуального облика продукции, а также узнаваемости бренда [6]. Понимание того, какие цвета первыми привлекают внимание, позволяет маркетологам правильно расставлять акценты на визуальных стимулах, которыми могут выступать, например, рекламные материалы, в которых присутствует одежда различных цветов, с целью улучшения опыта взаимодействия потенциального потребителя с данным контентом.

В статье [6] испытуемым предлагалось оценить привлекательность различных цветов. По итогам исследования черный цвет оказался наиболее привлекательным, на втором месте расположился розовый цвет.

В статье [7] было выявлено отсутствие корреляции между цветовыми предпочтениями человека и его зрительным восприятием визуальных стимулов. Объект розового цвета имел высокий приоритет внимания (минимальное время до первой фиксации) вне зависимости от личных предпочтений испытуемых. Черный цвет в данном исследовании задействован не был.

Целью данной работы является определение влияния черного цвета одежды на приоритет внимания человека.

Гипотеза

Опираясь на результаты статей [6 – 7], выдвинем гипотезу – черный цвет одежды имеет высокий приоритет внимания.

В качестве подтверждения гипотезы в экспериментах данного исследования испытуемым будет показано изображение с одеждой различных цветов: красный, серый, фиолетовый, синий, черный, оранжевый, зеленый и желтый. Будет исследовано время до первой фиксации взгляда человека на данных объектах, разметка которых выполнена с помощью

идентичных прямоугольников. Экспериментальное изображение представлено на рис. 1.



Рис. 1. – Экспериментальное изображение [8]

Эксперименты

Количество испытуемых – 24 (12 мужчин, 12 женщин).

Возраст испытуемых – от 18 до 22 лет.

Отклонения и нарушения зрения у испытуемых отсутствуют.

Разрешение экспериментального изображения – 1920×966 пикселей.

Время просмотра одним испытуемым экспериментального изображения – 10 секунд (режим свободного просмотра).

Расстояние от испытуемого до монитора – 60 сантиметров.

Направление взгляда испытуемых отслеживалось с помощью веб-камеры (с применением библиотеки WebGazer.js).

Техническая часть экспериментов данного исследования:

1) 23,8-дюймовый монитор Dell E2420HS с разрешением 1920×1080 пикселей, частотой обновления экрана 60 Гц и IPS-матрицей, обеспечивающей широкие углы обзора и точную цветопередачу.

2) Веб-камера Logitech Webcam C170 с максимальной частотой кадров 30 кадр/сек.

3) Эксперименты проводились на персональном компьютере под управлением операционной системой Windows 10, на которой не было запущено никаких дополнительных процессов, способных повлиять на

результаты измерений (ОЗУ – 16 ГБ, ЦПУ – Intel Core i3-9100 3.6 ГГц, SSD – 256 ГБ).

Методика проведения экспериментов аналогична методике, представленной в статье [9].

Алгоритм определения порогового значения скорости используется для выделения фиксации из саккад на основе того факта, что фиксации имеют более низкие скорости, чем саккады [10 – 11]. Для получения итоговых результатов экспериментов в данной работе была реализована адаптация данного алгоритма для возможности определения времени до первой фиксации с помощью языка программирования Python, который также может применяться, например, в разработке web-приложений [12].

Стадии работы адаптированного алгоритма:

1) Вычисление скоростей между последовательными точками траектории взгляда, полученных опытным путем (евклидово расстояние, поделенное на временную разницу регистраций точек взгляда).

2) Пометка точки, как "точка фиксации", если ее скорость ниже порогового значения (1.15 пикселей/секунду [11]), в ином случае, ее удаление (точка саккады).

Результатом работы алгоритма является последовательность точек фиксации с указанием их времени регистраций.

Пример итоговых результатов эксперимента изображен на рис.2.

	A	B
1	label	time to first fixation (seconds)
2	black t-shirt	0.34
3	yellow t-shirt	1.47
4	orange t-shirt	2.1
5	red t-shirt	2.85
6	green t-shirt	3.32
7	purple t-shirt	3.9
8	blue t-shirt	4.3
9	grey t-shirt	5.23

Рис. 2. – Пример итоговых результатов эксперимента

Анализ результатов экспериментов

На рис.3 представлено соответствие черного цвета одежды минимальному времени до первой фиксации для всех испытуемых.

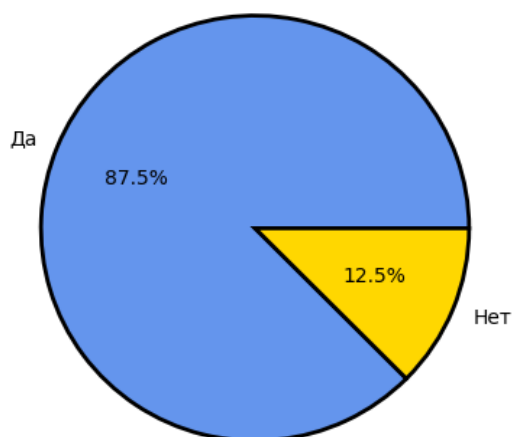


Рис. 3. – Соответствие черного цвета одежды минимальному времени до первой фиксации для всех испытуемых

На рис.4 представлено количество испытуемых (мужчины и женщины), для которых наблюдается соответствие черного цвета одежды минимальному времени до первой фиксации.

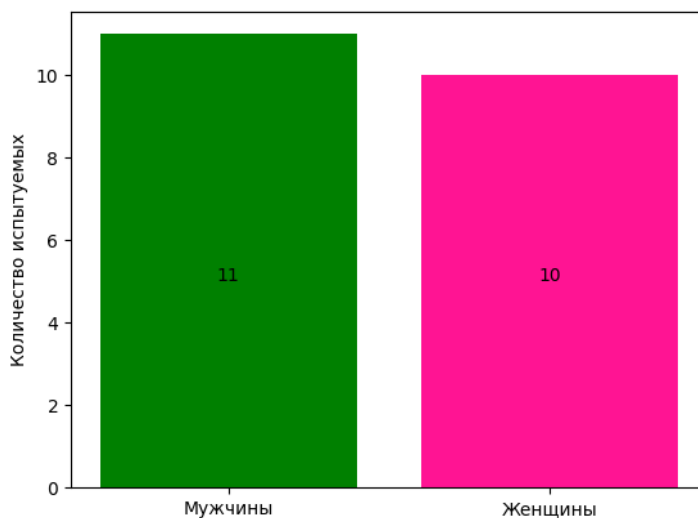


Рис. 4. – Количество испытуемых (мужчины и женщины), для которых наблюдается соответствие черного цвета одежды минимальному времени до первой фиксации

Заключение

Итоги экспериментов подтвердили, выдвинутую в рамках данную исследования гипотезу о том, что черный цвет одежды имеет высокий приоритет внимания.

Результаты данного исследования могут помочь в развитии исследований, направленных на повышение эффективности восприятия информации.

Литература

1. Carter B. T., Luke S. G. Best practices in eye tracking research // International Journal of Psychophysiology. 2020. Vol. 155. pp. 49-62.
2. Sharafi Z., Shaffer T., Sharif B., Guéhéneuc YG. Eye-tracking metrics in software engineering // 2015 Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC). 2015. pp. 96-103.
3. Skaramagkas V., Giannakakis G., Ktistakis E., Manousos D., Karatzanis I., Tachos N. S, Tripoliti E., Marias K., Fotiadis D. I., Tsiknakis M. Review of eye tracking metrics involved in emotional and cognitive processes // IEEE Reviews in Biomedical Engineering. 2021. Vol. 16. pp. 260-277.
4. Belkhiria C., Boudir A., Hurter C., Peysakhovich V. Eog-based human-computer interface: 2000-2020 review // Sensors. 2022. Vol. 22. №. 13. P. 4914.
5. Wisiecka K., Krejtz K., Krejtz I., Sromek D., Cellary A., Lewandowska B., Duchowski A. T. Comparison of webcam and remote eye tracking // Symposium on eye tracking research and applications. 2022. pp. 1-7.
6. Kodžoman D., Hladnik A., Pavko Čuden A., Čok V. Exploring color attractiveness and its relevance to fashion // Color Research & Application. 2022. Vol. 47. №. 1. pp. 182-193.
7. Song E. S., Kim W. H., Lee B. H., Han D. W., Lee J. H., Kim B. Assessment of color perception and preference with eye-tracking analysis in a

dental treatment environment // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18. №. 15. P. 7981.

8. PSDgraphics. Blank t-shirts in various colors. URL: psdgraphics.com/graphics/blank-t-shirts-in-various-colors/ (дата обращения: 16.12.2024).

9. Болдырев М.А., Зубков А.В., Донская А.Р, Скляров М.А, Попов В.А., Евлахова М.А., Степанов С.В. Исследование шаблона распределения внимания человека с помощью технологии айтрекинг // Инженерный вестник Дона. 2024. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2024/9666.

10. Zhou W., Yang M., Tang J., Wang J., Hu B. Gaze Patterns in Children With Autism Spectrum Disorder to Emotional Faces: Scanpath and Similarity // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2024. Vol. 32. pp. 865-874.

11. Karthik G., Amudha J., Jyotsna C. A custom implementation of the velocity threshold algorithm for fixation identification // 2019 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT). 2019. pp. 488-492.

12. Пономарев Д.С. Разработка web-приложения для предобработки данных с использованием библиотек Python // Инженерный вестник Дона. 2024. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9414.

References

1. Carter B. T., Luke S. G. International Journal of Psychophysiology. 2020. Vol. 155. pp. 49-62.

2. Sharafi Z., Shaffer T., Sharif B., Guéhéneuc YG. 2015 Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC). 2015. pp. 96-103.

3. Skaramagkas V., Giannakakis G., Ktistakis E., Manousos D., Karatzanis I., Tachos N. S, Tripoliti E., Marias K., Fotiadis D. I., Tsiknakis M. IEEE Reviews in Biomedical Engineering. 2021. Vol. 16. pp. 260-277.

4. Belkhiria C., Boudir A., Hurter C., Peysakhovich V. Sensors. 2022. Vol. 22. №. 13. P. 4914.
5. Wisiecka K., Krejtz K., Krejtz I., Sromek D., Cellary A., Lewandowska B., Duchowski A. T. Symposium on eye tracking research and applications. 2022. pp. 1-7.
6. Kodžoman D., Hladnik A., Pavko Čuden A., Čok V. Color Research & Application. 2022. Vol. 47. №. 1. pp. 182-193.
7. Song E. S., Kim W. H., Lee B. H., Han D. W., Lee J. H., Kim B. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18. №. 15. 7981 p.
8. PSDgraphics. Blank t-shirts in various colors. URL: psdgraphics.com/graphics/blank-t-shirts-in-various-colors/ (date of application 16.12.2024).
9. Boldirev M.A., Zubkov A.V., Donsckaia A.R., Sklyarov M.A., Popov V.A., Eulahova M.A., Stepanov S.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2024/9666.
10. Zhou W., Yang M., Tang J., Wang J., Hu B. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2024. Vol. 32. pp. 865-874.
11. Karthik G., Amudha J., Jyotsna C. 2019 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT). 2019. pp. 488-492.
12. Ponomarev D.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9414.

Дата поступления: 13.01.2025

Дата публикации: 25.02.2025