

DOI: 10.5862/JCSTCS.252.5

УДК 004.925.5

*В.Э. Янчус, Е.В. Борович*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ГАРМОНИЗАЦИИ КИНОКАДРА**

*V.E. Yanchus, E.V. Borevich*

### **A STUDY OF THE EFFECT OF COLOR PALETTE IN THE PROCESS OF FILM FRAME HARMONIZATION**

Описан эксперимент, задачей которого является исследование влияния фактора цветового решения кинокадра на восприятие его зрителем. В эксперименте использовались три цветовых схемы: монохромная, комплементарная и триадная. Рассмотрен процесс разработки стимульного материала и методика проведения эксперимента. В качестве теоретической модели экспериментального исследования использована бинарная модель цветового восприятия человека. Установлено, что фактор цветового решения имеет значимое влияние на процесс сканирования изображения человеком, это необходимо учитывать при гармонизации кадра. Сформулированы определенные правила для решения комплексной задачи гармонизации кинокадра от момента его проектирования до этапа постобработки. Наиболее сложным цветовым решением является триада, однако кадр при этом получается наиболее читаемым в условиях его перегруженности.

**КИНЕМАТОГРАФ; ГАРМОНИЗАЦИЯ КАДРА; ЦВЕТОВОЕ ЗРЕНИЕ; ЦВЕТОВОЕ РЕШЕНИЕ; АЙ-ТРЕКЕР; ЭКСПЕРИМЕНТ.**

We studied the impact that a color palette chosen for a film frame has on the scanning and recognition process of the human eye. We used three color palettes: mono-color, complimentary colors, and three-color. The experiment, including the preparation of picture frames, and collection of data is described in detail. A binary model of the human color vision was used for theoretical confirmation of the experimental data. We have shown that the choice of the color palette has an impact on the scanning process of a film frame by the human eye. Therefore, the color palette can be used during film frame formatting to enhance and enrich the cinematic experience. ANOVA statistical analysis of the data allows to formulate several rules for film frame harmonization at every step of the frame production (from frame design to frame post production). We show that a three-color palette is the most readable but also the most complex to realize.

**CINEMA; FILM FRAME HARMONIZATION; HUMAN COLOR VISION; CHOICE OF COLOR PALETTE; EYE-TRACKER; EXPERIMENT.**

В настоящее время, когда черно-белый кинематограф ушел в историю и подавляющая масса кино- и видеопродукции выполняется в цвете, нельзя утверждать, что проблема цвета в кино полностью решена [1]. Технологии киноиндустрии определяют формат продукта и, соответственно, режис-

серскую работу над фильмом. Часто можно наблюдать, что цвет в кадре является модным трендом, а не тонким инструментом воплощения режиссерского замысла. И если огромный технический потенциал и накопленный творческий опыт, обусловленные финансовыми вложениями, позво-

ляют некоторым киностудиям студиям, например WetaDigital, решать поставленные задачи работы с цветом на высоком художественном уровне, то ситуация в видеоарт произведениях значительно сложнее [2].

Видеоарт как авангардное направление в медиаискусстве обладает определенной спецификой, связанной с использованием художественных образов для создания настроения в произведении. В решении творческой задачи создания образов в художественном произведении роль цвета как инструмента гармонизации кадра переоценить сложно. Принципы гармонизации кинокадра, в отличие от графических произведений, имеют некоторые особенности, связанные, прежде всего, с конечным временем демонстрации кадра, определяемым принципами монтажа и режиссурой фильма.

Цель настоящей работы — определить степень влияния фактора цветового решения на восприятие кинокадра зрителем. Полученные данные целесообразно использовать при решении задачи повышения визуальной привлекательности кинокадра и разработке некоторых методических рекомендаций для гармонизации кадра и его художественной цветокоррекции.

Объект исследования работы — кинокадр. Предмет исследования — шаблон рассматривания кинокадра. Под шаблоном рассматривания понимается набор количественных параметров глазодвигательной активности, получаемый с помощью измерительного оборудования (eye-tracker) при рассматривании испытуемым стимульного материала.

### Теоретическая модель эксперимента

Для проведения исследования и постановки эксперимента использовалась бинарная модель цветового восприятия человека [3].

Установлено, что мозг принимает информацию от сетчатки только в виде двоичного (бинарного) кода: «да» — «нет», причем сигналы передаются по независимым каналам. Современные научные данные свидетельствуют, что одностадийная трехкомпонентная теория восприятия цвета

Юнга—Гельмгольца действительна только на стадии рецепторного (колбочкового) фотохимического анализа светового стимула. На стадии пострецепторного анализа происходит перекодирование в соответствии с теорией Геринга по двум цветным (К-З) и (Ж-С)-каналам и одному черно-белому (ЧБ) каналу (рис. 1) [3].

Ведущий специалист в области цветоведения, академик международной академии «Модус колорис», Флориан Ильич Юрьев рассматривает актуальные проблемы цветовой выразительности книги, прослеживает пути и методы создания цветового образа, отражающего ее содержание. Производство книг относится к области полиграфии, все цветовые решения выполняются применительно к статическому изображению и носят сугубо качественный характер.

Кроме этого, Юрьев указывает, что зрительная система человека является наиболее информативным каналом получения информации: «Количественный метод представления зрительной информации создает для мозга сложную ситуацию, выход из которой один — качественное изменение этой информации путем увеличения информативной емкости каждого отдельного ее блока. И в этом отношении цвет является таким качеством визуального объекта, которое дает дополнительные сведения об этом» [3].

В [4] авторы утверждают, что существовавшая модель цветового видения, в которой за восприятие объектов отвечает только канал ЧБ (бесцветный), а функции цвета заключаются только в создании эмоционального фона, устарела. Эта модель цветового видения носит название «книжка-раскраска». В результате анализа серии проведенных экспериментов получены данные, указывающие на то, что функции цветового зрения значительно шире. «Цвет способствует решению ряда сложных визуальных задач, таких, как сегментация объектов; восприятие формы и глубины сцены; восприятие контуров; обнаружение, идентификация и запоминание объектов; восприятие движения сложных объектов; признание теней» [4].

В условиях динамически изменяющейся

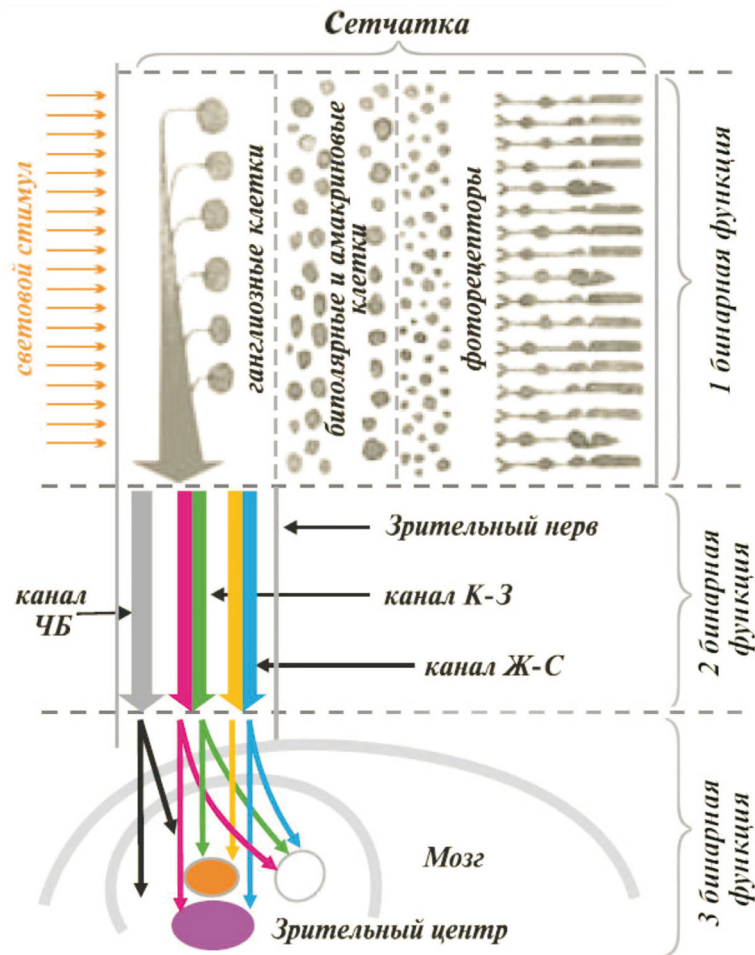


Рис. 1. Схема биарных функций цветового восприятия. Три биарных функции:  
1 – прием света на сетчатку; 2 – транслирование в мозг; 3 – суммирование информации по каналам

картинки ситуация несколько иная. Юрьев указывает, что процесс цветового зрения динамичен, подчинен внутренней логике диалектического познания реальности. «Великое множество физических стимулов, которые попадают в глаз в любой последовательности, мозг обрабатывает стадийно» [3]. Последовательная передача информации и неоднородность передающих визуальную информацию каналов (см. схему на рис. 1) могут влиять на формирование образа наблюдаемой сцены в головном мозге человека при конечном времени наблюдения. Принимая во внимание конечное время кинокадра, можно предположить, что эти особенности зрительной системы человека будут влиять на достоверность прочтения кадра зрителем.

## Методы

**Стимулы.** Для составления визуального ряда, стимульного материала, выбраны кадры из фильмов. Содержимое кадров отвечало ряду требований, таких как эмоциональная нейтральность и наличие минимальной смысловой нагрузки, однако предметность должна сохраняться. Кроме того, кадры были выбраны таким образом, чтобы изображение имело два центра интереса, имеющих разные взаимные отношения площадей (рис. 2) [5].

Для постановки эксперимента были выбраны три разных цветовых решения кинокадра в соответствии с теорией цвета и цветовых контрастов по И. Иттену и контрольное черно-белое решение изображений.



Рис. 2. Исходные изображения

Два и более цвета являются гармоничными, если их смесь представляет собой нейтральный серый цвет. Цветовые решения, построенные на основе гармоничных цветов, являются наиболее контрастными [6].

Цветовые решения в стимульном материале изменялись таким образом, что в результате были получены изображения, которые однозначно можно разделить на следующие группы (рис. 3):

- Монохроматическая схема. Создание группы оттенков на основе изменений насыщенности и светлоты.

- Комплементарная схема. Вариации по насыщенности и светлоте для тоновой пары цветов. Использование двух противоположных (дополнительных или комплементарных) цветов ведет к яркому визуальному выделению взаимодополняющих элементов кадра.

- Триадная схема. Вариации по насыщенности и светлоте для триадных цветов. Эта схема популярна среди художников и дизайнеров, т. к. она предлагает сильный визуальный контраст, сохраняя при этом яркий баланс и цветовую насыщенность [7].

- Ахроматическая схема (черно-белые изображения). Необходима для контрольной группы испытуемых.

Создание стимульного материала проходило в несколько этапов. На первом этапе исходный кард преобразовывался в четырех цветовых решениях (рис. 4).

Преобразование цвета в кадрах производилось вручную с помощью инструментария Adobe Photoshop CS6. На оригинальное изображение накладывались фотофильтры в соответствии с необходимым цветовым решением.

Для черно-белой гармонии использо-

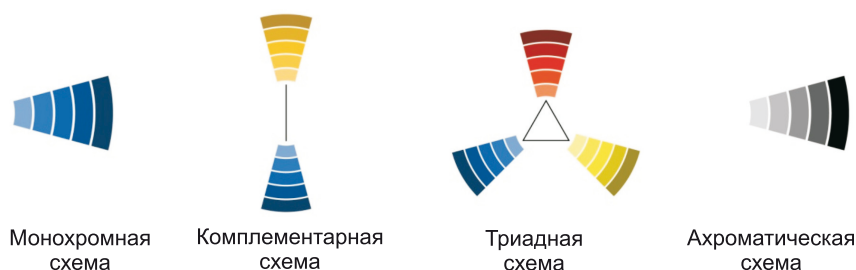


Рис. 3. Цветовые схемы, выбранные для проведения эксперимента



Рис. 4. Пример преобразования оригинального изображения в четырех цветовых решениях



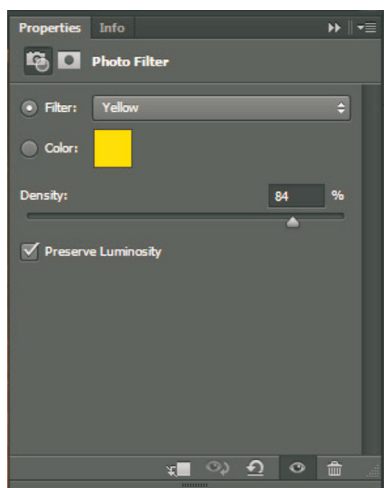


Рис. 5. Значение параметра фотофильтра Yellow для создания комплементарной схемы

вался фильтр **Black&White без дополнительной маски**. Для монохромного решения на изображение накладывался PhotoFilter Blue (R 29 G 53 B 234) без маски со значением параметра Density 80 %.

Для комплементарной схемы были использованы два PhotoFilter: Blue (R 29 G 53 B 234) со значением параметра Density 80 % и Yellow (R 249 G 227 B 28) со значением параметра Density 84 % (рис. 5). Эти фильтры были наложены на изображение с ин-

версными масками для центров интереса изображения и для их фона (рис. 6).

Для создания триадной схемы цветового решения использовались три PhotoFilter: Blue (R 29 G 53 B 234) со значением параметра Density 80 %, Yellow (R 249 G 227 B 28) со значением параметра Density 84 % и Red (R 234 G 26 B 26) со значением параметра Density 81 %. Им соответствовали три маски: по одной на каждый центр интереса и третья для фона (рис. 7).

После преобразования кадров в соответствии с цветовыми решениями было сделано десять вариантов энтропии одного и того же изображения (рис. 8). Размытие изображения было выполнено в программе MatLab. В листинге представлен программный код для выполнения этой процедуры. Данная операция проводилась с целью уменьшения влияния смысловой нагрузки на восприятие кадра.

Зашумление изображения равносильно внесению определенного хаоса в упорядоченную систему. В теории передачи информации существует понятие «энтропии» как меры упорядоченности. Мы, используя это понятие, ввели фактор условной энтропии, как некоторой дискретной единицы, характеризующей степень зашумленности кадра (далее – энтропия).

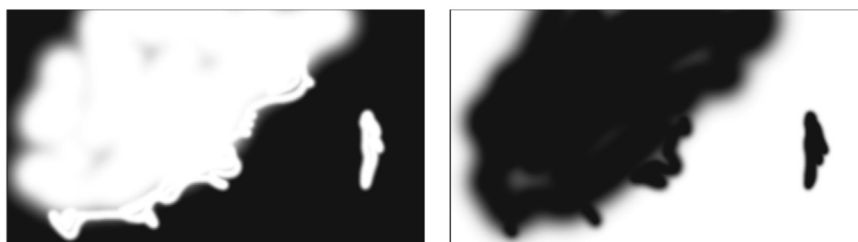


Рис. 6. Инверсные маски для фотофильтров для создания комплементарных изображений

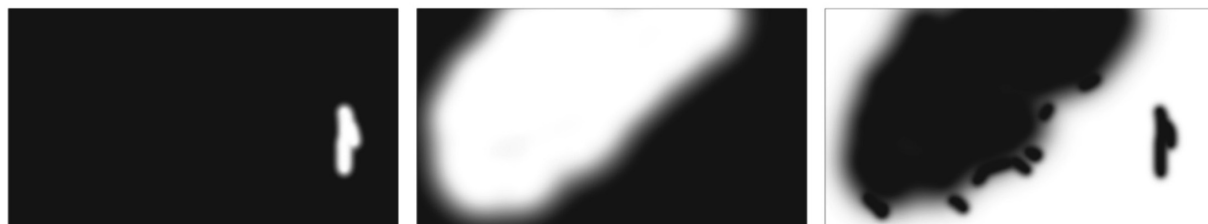


Рис. 7. Маски фотофильтров для создания триадной схемы

```
% I1=imread('1.jpg');
% subplot(3,5,1);
% imshow(I1); title('1');

h1 = fspecial('average', 20);
...
h10 = fspecial('average', 29);

J11= imfilter(I, h1);
J12=imnoise(J11,'gaussian',0.2);
J1=imnoise(J12,'salt & pepper',0.01);
subplot(3,5,2);
imshow(J1);title('Рисунок 1');
//делаем 10 степеней энтропии
E0=entropy(I)
E1=entropy(J1)
...
E10=entropy(J10)

% imwrite(J1,'кудасохраняемновуюкартинку\141.jpg','Quality', 100);
```

*Текст кода для одной картинки*



Рис. 8. Пример преобразования изображения в 10 вариантах энтропии

**Испытуемые.** В эксперименте участвовало сорок испытуемых, разделенных на четыре фокус-группы, в каждой группе было по десять человек. Испытуемыми являлись студенты в возрасте от 17 до 24 лет. Каждой группе демонстрировались стимулы только в одном цветовом решении.

В ходе эксперимента испытуемым сначала показывали семь кадров без заключительного этапа обработки, в качестве оригинальных изображений, а затем в случайном порядке подготовленные стимулы. Испытуемым предлагалось соотнести демонстрируемые стимулы с оригинальными изображениями.

Во время эксперимента испытуемые

сидели перед монитором компьютера, на который выводились стимулы. Кресло, на котором сидел испытуемый, было настроено для каждого индивидуально в целях удобства. Голова располагалась на специальной подставке, чтобы исключить свободное перемещение в пространстве во время эксперимента. Каждой фокус-группе демонстрировались стимулы с одинаковым цветовым решением. Испытуемым было дано задание определить номер картинки, которую они видят. Сначала им показывали все кадры, участвующие в эксперименте, без наложения эффекта энтропии, чтобы они запомнили картинки. Далее на монитор выводили все стимулы по одному



на весь экран в случайном порядке. Испытуемому необходимо было указать для каждого демонстрируемого стимула номер изображения, соответствующий оригинальному. В итоге каждый испытуемый смотрел на семь картинок одной гармонии в десяти вариантах энтропии в случайном порядке.

Стоит отметить, что порядок чередования стимулов с разным уровнем энтропии был выстроен следующим образом с целью исключить ситуацию, когда испытуемому, в результате рандомизации показываемых картинок, демонстрируется подряд семь картинок с высоким уровнем энтропии. Уровни энтропии в ходе эксперимента было решено чередовать («высокий» и «низкий»). Порядок чередования был задан одинаковый для всех испытуемых. Первый стимул всегда был с третьим уровнем энтропии. Далее уровни энтропии шли в следующем порядке – 3, 6, 2, 9, 1, 7, 4, 10, 5, 8. Но при этом стимул, соответствующий заданному уровню энтропии, выбирался случайным образом из семи картинок.

**Инструментальные средства эксперимента.** Измерение направления человеческого

взгляда с помощью eye-tracker технологий является широко применяемым и действенным методом когнитивной психологии (рис. 9). Прибор использует бесконтактные оптические методы регистрации движения глаз. Инфракрасная подсветка отражается глазным яблоком и регистрируется специально разработанным оптическим сенсором. В процессе обработки видеозаписи получается информация об ориентации глазного яблока в пространстве и её временная динамика. В данной области исследования выделяют целый ряд различных типов движения глаз. Основные из них – это медленные следящие движения (фиксации) и быстрые движения глаз, которые могут быть произвольными или рефлекторными (саккады) [8].

**Результаты.** Полученные с помощью оборудования измерения глазодвигательной активности (eye-tracker) параметрические данные исследовали на предмет зависимости от двух факторов энтропии и цветового решения. Все выборки имели нормальное распределение, что позволило использовать стандартные математические методы статистической обработки данных. Проверка на нормальность распределения

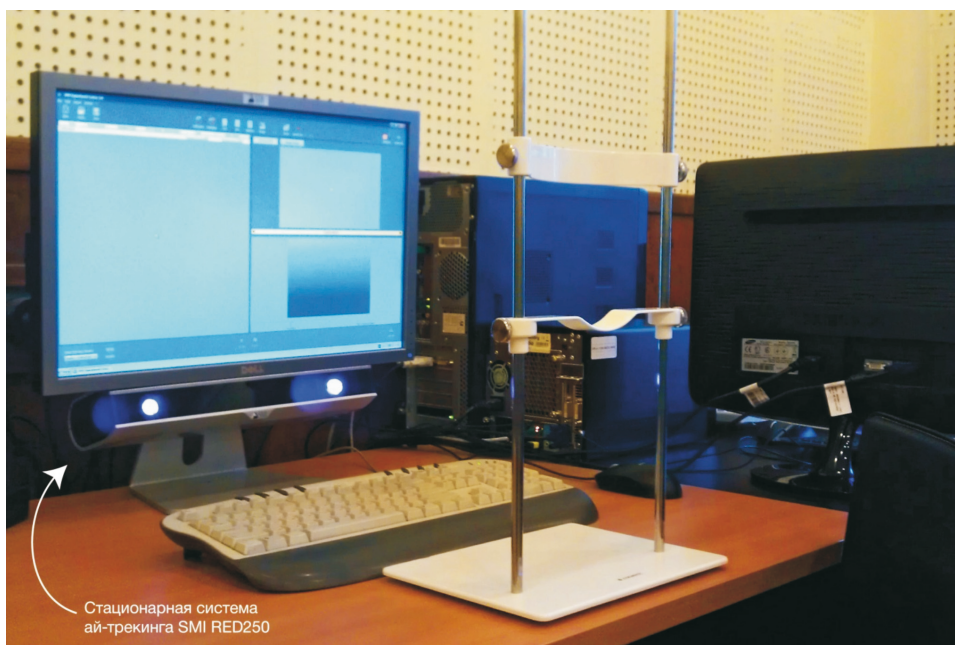


Рис. 9. Экспериментальная установка оборудования (eye-tracker)

осуществлялась с помощью теста Шапиро–Уилка (*shapiro.test*) – стандартной процедуры языка «R». Язык «R» – статистическое программное обеспечение для анализа экспериментальных данных.

В результате проведенного эксперимента получены зависимости параметров шаблона рассматривания, измеряемых с помощью eye-tracker, от двух факторов: цветового решения и энтропии.

Фактор цветового решения принимает следующие значения:

- bw – соответствует группе испытуемых, которым демонстрировались черно-белые изображения;
- three – соответствует группе испытуемых, которым демонстрировались триадные изображения;
- dop – соответствует группе испытуемых, которым демонстрировались комплементарные изображения;
- once – соответствует группе испытуемых, которым демонстрировались монохромные изображения.

Фактор энтропии принимает значения от 1 до 10.

Рассматривалось влияние этих факторов на следующие параметры:

- средняя длительность фиксации (Mean Fixation Duration) (рис. 10);
- средняя длительность первой фиксации (First Fixation Duration) (рис. 11);
- среднее количество фиксаций на один стимул (Number of Fixations) (рис. 12);
- среднее время рассматривания одного стимула (Mean Total Time) (рис. 13);
- среднее количество саккад на один стимул (Number of Saccade) (рис. 14);
- средняя дистанция саккад на один стимул (Distance of Saccade) (рис. 15).

**Интерпретация результатов.** Для анализа данных используем дисперсионный анализ ANOVA [9]. Как указывалось выше, в эксперименте участвовало сорок испытуемых. Испытуемые работали с 280 стимулами, по десять испытуемых на 70 стимулов в четырех цветовых решениях. Всего было собрано 9778 фиксаций.

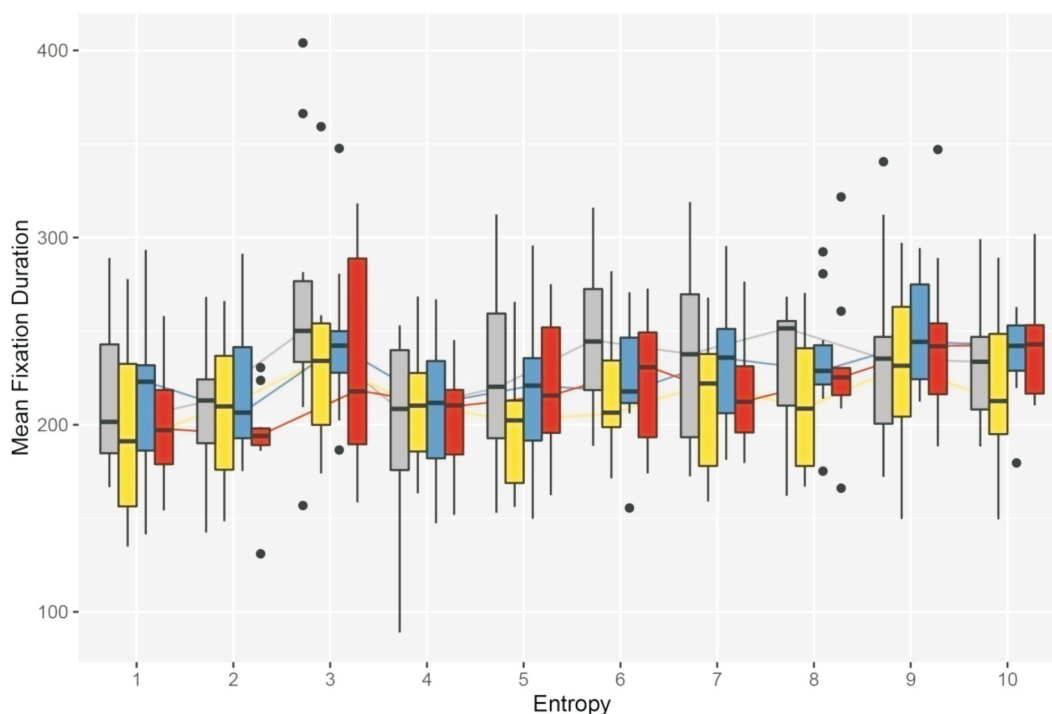


Рис. 10. График зависимости средней длительности фиксации от энтропии

factor(Color) bw dop once three



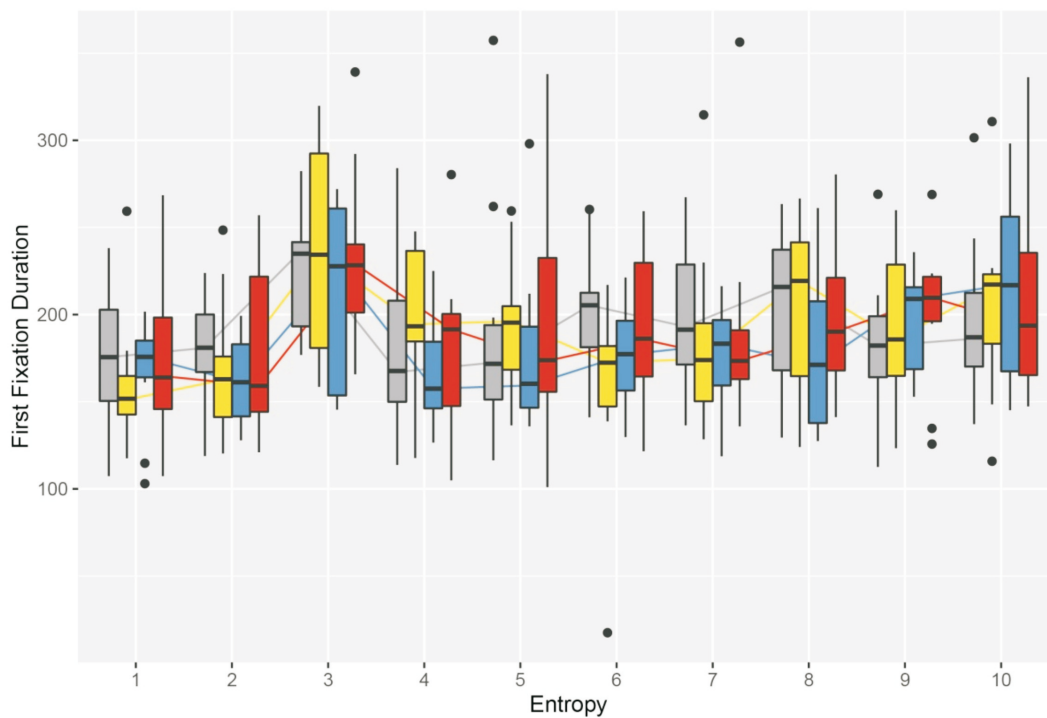


Рис. 11. График зависимости средней длительности первой фиксации от энтропии

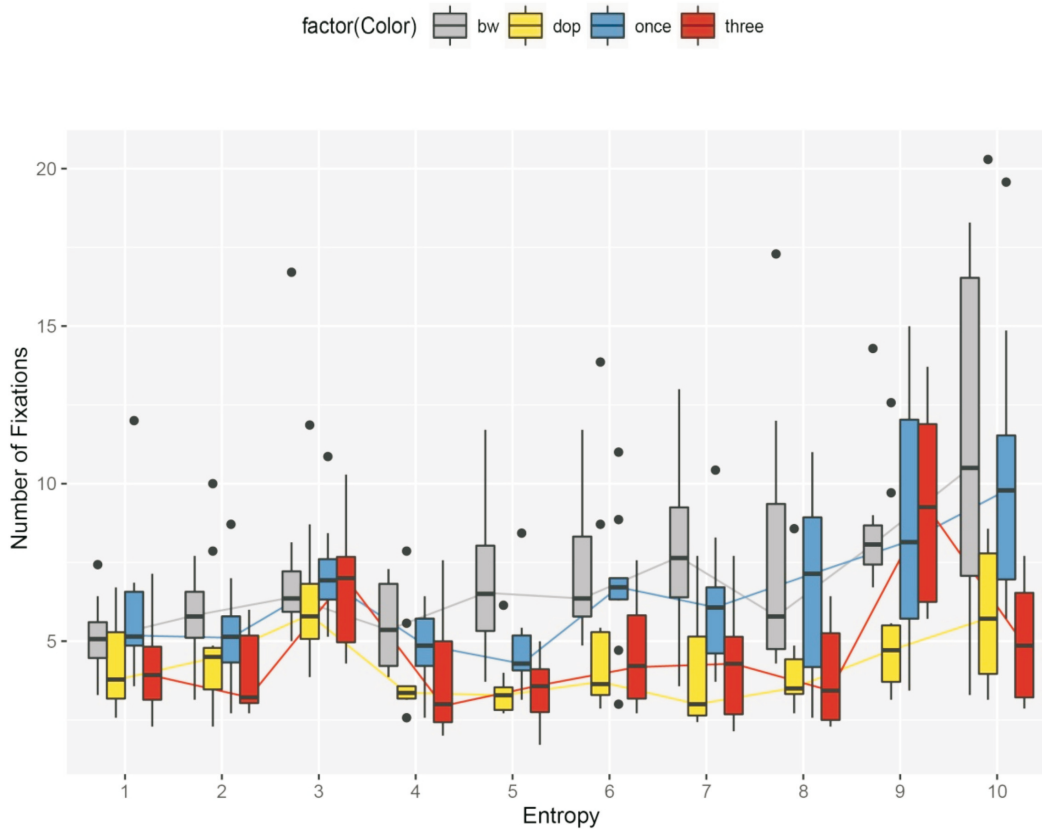


Рис. 12. График зависимости среднего количества фиксации на один стимул от энтропии

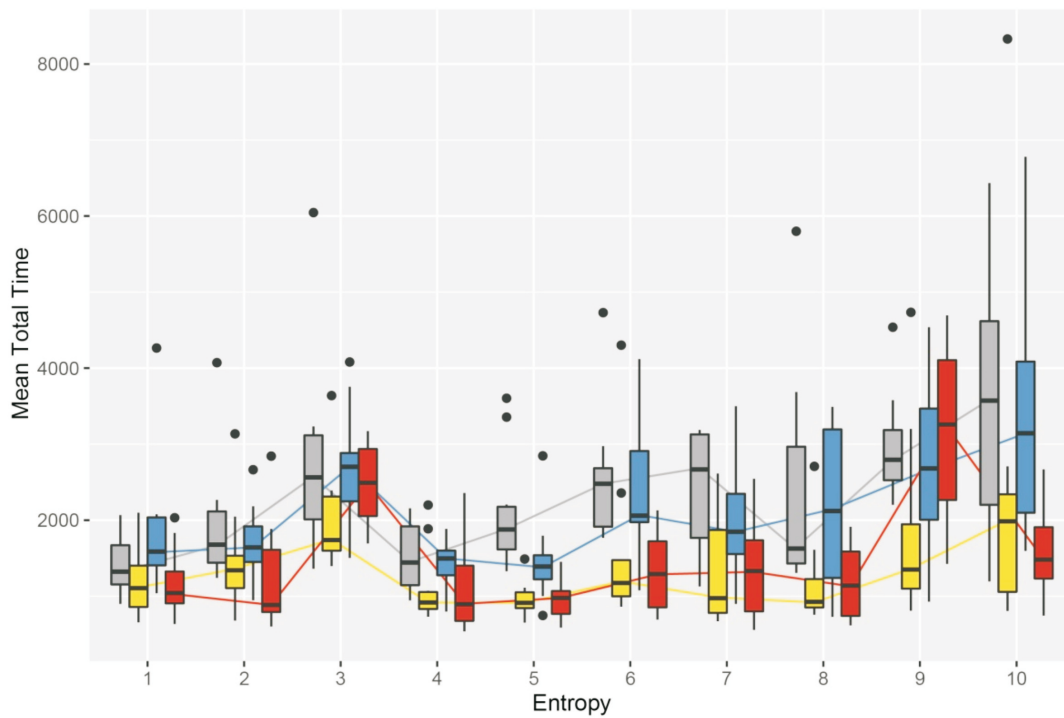


Рис. 13. График зависимости средней длительности рассматривания одного стимула от энтропии

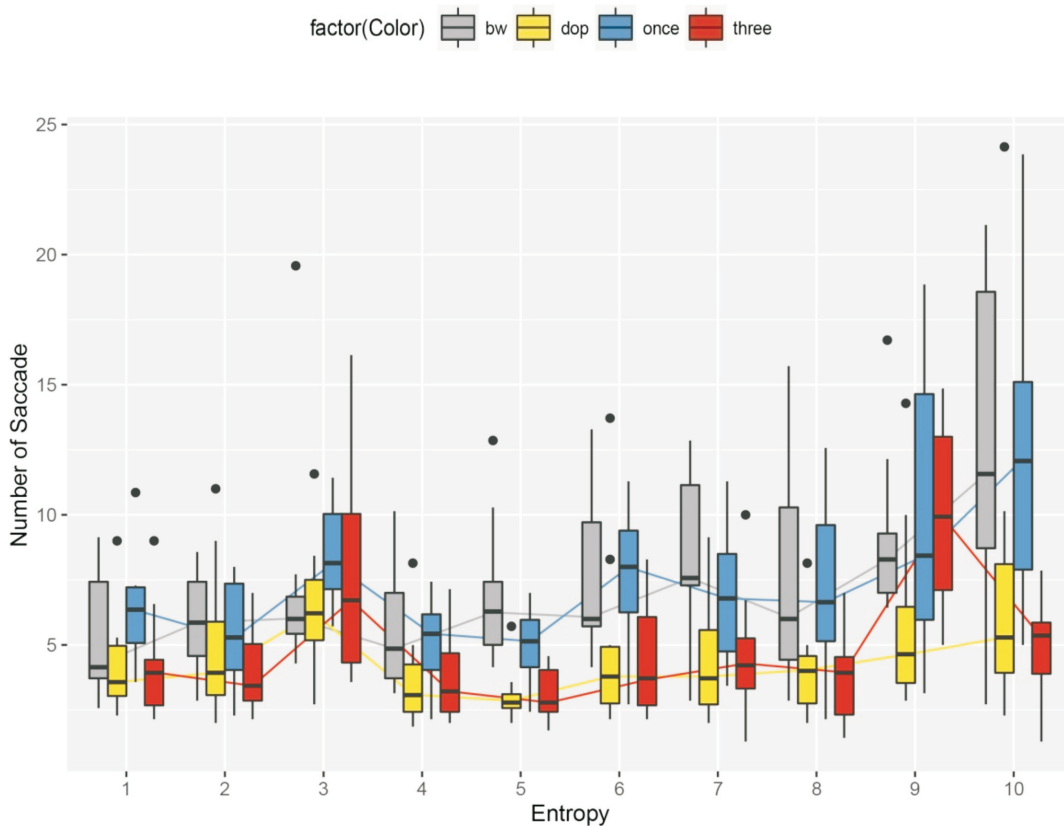


Рис. 14. График зависимости среднего количества саккад на один стимул от энтропии

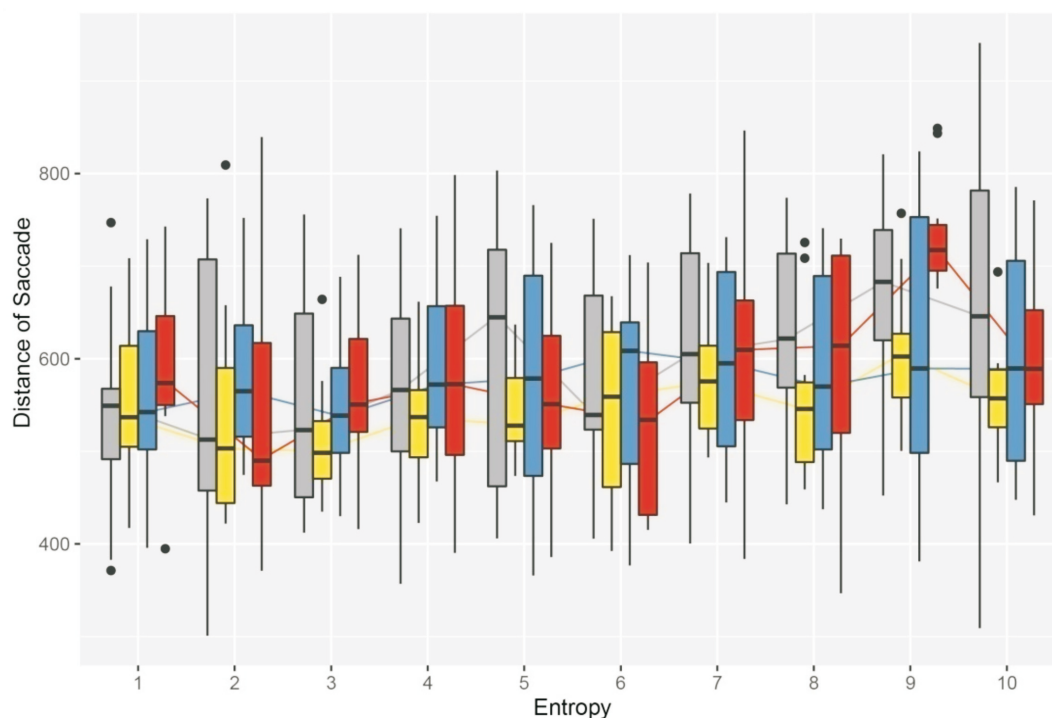


Рис. 15. График зависимости средней дистанции саккад на один стимул от энтропии

factor(Color) bw dop once three

Сводные данные анализа представлены в табл. 1. Можно сделать некоторые общие выводы:

1. Фактор энтропии имеет влияние на все измеряемые параметры.

2. Фактор цветового решения не имеет статистически значимого влияния на среднюю длительность фиксаций, среднюю длительность первой фиксации и среднюю дистанцию саккад.

3. Фактор цветового решения имеет статистически значимое влияние на среднюю длительность рассматривания стимула, среднее количество фиксаций и среднее количество саккад на один стимул.

Следует заметить, что три параметра, имеющие статистически значимое влияние фактора цветового решения, связаны между собой. Время рассматривания стимула включает в себя суммарную длительность

Таблица 1

Значимость влияния фактора энтропии и фактора цветового решения на измеряемые параметры

Параметр	Entropy		Color	
	Значение статистики Фишера	p-value	Значение статистики Фишера	p-value
Mean Total Time	F(1,36)=36,518	6.09e-07	F(3,36)=8,586	0,000197
Number of Fixations	F(1,36)=41,966	1.6e-07	F(3,36)=6,769	0,000977
Mean Fixation Duration	F(1,36)=37,216	5.1e-07	F(3,36)=0,534	0,662
First Fixation Duration	F(1,36)=19,240	9.62e-05	F(3,36)=0,271	0,846
Number of Saccade	F(1,36)=27,32	8.09e-06	F(3,36)=6,116	0,00186
Distance of Saccade	F(1,36)=20,365	6.92e-05	F(3,36)=0,501	0,684

ность фиксаций и суммарную длительность саккад. Поскольку среднее время фиксации и среднее время саккад — величины достаточно постоянные, время фиксаций можно приблизительно вычислить путем умножения длительности фиксации на их количество. Аналогичная ситуация и с саккадами. Можно утверждать, что время рассматривания стимула прямопропорционально связано с количеством фиксаций и количеством саккад.

Задача зрительной системы человека включает в себя два этапа: первый — сканирование изображения (происходит на уровне сетчатки; изображение не имеет смысловой нагрузки); второй этап — создание образа и его интерпретация (происходит в головном мозге; изображение становится осмысленным) (рис. 16). Сканирование изображения — подсознательная процедура: глаз словно ощупывает изображение. Время этапа сканирования зависит от таких параметров, как длительность фиксации и дистанция саккад. Распознавание образа требует подключения аналитической работы головного мозга для интерпретации отсканированного изображения. Время этапа распознавания образа зависит от количества фиксаций и саккад. Полученные в эксперименте данные указывают на то, что требуемое для сканирования изображения время — величина постоянная, а время распознавания стимула зависит от содержания

картинки и условий ее рассматривания.

Из результатов статистической обработки данных следует, что процесс сканирования изображения не зависит от фактора цветового решения. Влияние энтропии на процесс сканирования существует, но имеет неявный характер. Связано это, предположительно, с ухудшением условий сканирования (зашумленностью) изображения. Распознавание образа требует аналитической работы головного мозга. Здесь мы можем наблюдать статистически значимое влияние фактора цветового решения.

Анализируя шаблон рассматривания стимульного материала, можно говорить о схожести работы зрительной системы человека при обработке черно-белых и монохромных изображений. Также схожесть наблюдается при обработке триадных и комплементарных изображений.

Рассмотрим график зависимости среднего времени рассматривания стимула от энтропии в различных цветовых решениях. Начиная с пятого уровня энтропии, можно наблюдать, что среднее время рассматривания стимула в черно-белом и монохромном цветовом решении больше, чем в триадном и комплементарном (см. рис. 13). Результаты дисперсионного анализа подтверждают наличие статистической зависимости от фактора цветового решения. На основании этого можно утверждать, что при увеличении энтропии (увеличении зашумленности

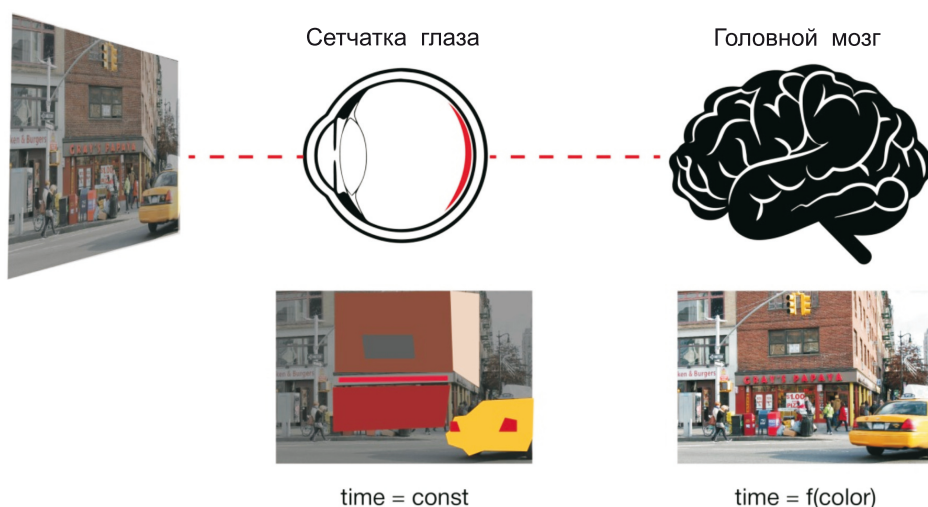


Рис. 16. Работа зрительной системы человека по распознаванию образа





картинки) в черно-белом и монохромном изображениях увеличивается время анализа кадра. Это говорит о том, что испытуемому необходимо более детально его рассматривать для «прочтения» содержания кадра и выполнения поставленной в эксперименте задачи. На основании этого можно сделать вывод о том, что с ухудшением условий сканирования изображения усложняется процесс распознавания. Контрастное цветовое решение кадра (триадное и комплементарное) позволяет испытуемым решать задачу распознавания точнее. То есть цвет помимо определенного эмоционального фона несет информацию о форме объектов в кадре. Это позволяет более четко формировать композиционное построение кадра.

При работе с кадром в ахроматическом или монохромном цветовом решении важнейшим моментом является облегчение фона сцены. Загруженность фона усложняет зрителю анализ композиции, что может привести к неправильной трактовке кадра. Связано это с невысоким контрастом изображений используемых цветовых решений (в сравнении с дополнительным и триадным).

### Выводы

Фактор цветового решения имеет приоритетное значение в технологии гармонизации кинокадра. Полученные результаты позволяют сформулировать некоторые правила для построения кинокадра в соответствии с жанром произведения и правильной интерпретации его зрителем:

при работе с ахроматическим или монохромным кадром важнейшим моментом является облегчение фона сцены: кадр необходимо «вычищать», убирать мелкие, незначимые элементы, которые ведут к перегруженности кадра и, как следствие, к увеличению времени его анализа;

использование комплементарного цветового решения (с применением двух противоположных, иными словами, дополнительных или комплементарных цветов) является самым простым способом ускорения восприятия кадра. Этот прием работы с цветом является мировым трендом и используется во всех жанрах кино, где проис-

ходит частая смена кадров;

наиболее сложным цветовым решением является триада. Данное цветовое решение требует использования большего количества основных цветов в кадре, но и кадр при этом получается наиболее читаемым в условиях его перегруженности.

Следует отметить, что при постановке эксперимента был сделан ряд допущений. Связано это с тем, что для проведения эксперимента было необходимо разработать методику его проведения (разработка стимульного материала, определение решаемой испытуемыми задачи, выбор параметров для статистического анализа) таким образом, чтобы определить параметры шаблона рассматривания, которые зависят от цветового решения.

Основным допущением является то, что подготовленный стимульный материал создавался на основе кадров, имеющих определенное цветовое решение, соответствующее задумке режиссера фильма. Раскрашивая эти кадры в выбранные для эксперимента цветовые схемы, мы изменяем цветовое решение кадра. Это не совсем корректно, поскольку нельзя говорить об универсальности цветовых решений. Рациональность использования того или иного цветового решения кадра зависит от настроения и сюжета видео. В одном кадре в зависимости от настроения и сюжета фильма уместно одно цветовое решение, в другом — другое.

Второе допущение: в эксперименте использовались статические кадры (точнее, фреймы). Кинокадр имеет значительно более сложную структуру. Кроме определенного жизненного цикла, в кадре, как правило, происходит движение, взаимное смещение центров интересов (они называются *главными объектами*), т. е. кинокадр имеет динамически меняющуюся композицию, что, безусловно, влияет на шаблон рассматривания.

Эти моменты будут решаться в следующих экспериментах. Задачи планируемых экспериментов построены следующим образом:

исследование запоминаемости кадров в зависимости от цветового решения;

изучение эмоциональной нагрузки при

Таблица 2

Среднее количество фиксаций и среднее количество саккад на один стимул\*

	Bw		once		dop		three	
Энтропия	Fix	Sac	Fix	Sac	Fix	Sac	Fix	Sac
3	7,39	8,04	7,14	7,87	6,39	6,3	7,29	7,94
6	7,36	7,46	6,77	7,43	5,27	4,91	4,56	4,14
2	5,66	5,99	5,30	5,51	4,91	4,89	3,93	3,83
9	8,60	9,71	8,71	9,47	5,67	5,68	9,43	9,61
1	4,89	5,31	6,02	6,29	4,10	4,20	4,13	3,94
7	7,61	8,20	6,21	6,67	4,14	4,33	4,33	4,26
4	5,09	5,60	4,81	4,87	3,94	3,61	3,79	3,64
10	11,20	12,07	10,27	11,84	6,94	7,2	5,09	4,60
5	6,89	7,01	4,74	5,00	3,46	2,96	3,34	2,99
8	7,64	7,39	6,67	7,03	4,10	3,94	3,94	3,60

\*Fix – среднее количество фиксаций, Sac – среднее количество саккад

решении задачи нахождения центра интереса в кинокадре в зависимости от цветового решения.

В ходе исследования мы получили результаты, требующие дополнительного исследования. Из полученных данных можно сделать вывод о схожести шаблона рассматривания монохромных и ахроматических изображений. Анализ данных не выявил статистически значимых различий. Есть предположение, что различия существуют, но более тонкие, и условия эксперимента не позволяют их зафиксировать. Необходимо изменить условия эксперимента, чтобы выяснить влияние монохромной цветовой схемы.

Необходимо также обратить внимание на взаимное отношение средних величин количества фиксаций и количества саккад на один стимул (табл. 2).

Можно заметить, что в случае монохромных и ахроматических изображений среднее количество саккад больше среднего количества фиксаций. В случае дополнительного цветового решения и триады, среднее количество саккад, как правило, меньше среднего количества фиксаций. Можно предположить наличие влияния фактора цветового решения на эти параметры шаблона рассматривания, но это требует изменения условий эксперимента.

Описанный эксперимент был направлен на решение задачи исследования влияния фактора цветового решения кинокадра на восприятие его зрителем. В эксперименте использовались три цветовых схемы: монохромная, комплементарная и триадная. В статье подробно описан процесс подготовки стимульного материала и методика проведения эксперимента. В результате эксперимента установлено, что фактор цветового решения имеет значимое влияние на процесс распознавания изображения человеком. Данные результаты можно использовать в композиционном построении кадра на начальном этапе проектирования фильма: на этапе раскадровки. В зависимости от режиссерской идеи можно использовать соответствующее цветовое решение:

использование определенного цветового решения влияет на скорость чтения кадра зрителем, что влечет за собой возможность управления длительностью кадра. В зависимости от режиссерского замысла можно, используя цветовые решения, управлять динамикой повествования фильма;

контрастные цветовые решения существенно облегчают задачу композиционного построения кадра, поскольку цвет передает дополнительную информацию о форме и идентификации объектов кадра, взаимном



их расположении и глубине сцены;  
при использовании триадного цветового решения кадр получается наиболее читаемым в условиях его перегруженности.

Однако триада является наиболее сложным цветовым решением, т. к. требует использования большего количества основных цветов в кадре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарковский А.А. Беседа о цвете // Киноведческие записки. 1988. № 1.
2. Янчус В.Э., Шабловский В.Г., Боревиц Е.В. Видеоарт как авангардное кино // Дизайн. Материалы. Технология. 2016. № 1. С. 104–107.
3. Юрьев Ф.И. Цветовая образность информации. Т. 2. Гармония сфер. Киев, 2007. С. 15.
4. Chirimuuta M., Kingdom F.A.A. The Uses of Colour Vision: Ornamental, Practical, and Theoretical // *Minds & Machines*. Received: 23.09.2014. Accepted: 03.03.2015. Publ. online: 28.06.2015. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2015.
5. Боревиц Е.В., Мещеряков С.В., Янчус В.Э. Экспериментальное исследование компьютерной цветокоррекции на основе бинарной модели визуального восприятия // Компьютерное моделирование — 2016: труды национальной науч.-техн. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 280–288.
6. Иттен И. Искусство цвета. М.: Изд. Аронов Д., 2014. С. 21–24.
7. Лаптев В.В. Инфографика в цифровом искусстве. М.: АВАТАР, 2015. С. 101–104.
8. Орлов П.А., Лаптев В.В., Иванов В.М. К вопросу о применении систем ай-трекинга // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 5(205). С. 84–94. [Электронный ресурс] / URL: [http://ntv.spbstu.ru/telecom/article/T5.205.2014\\_08/](http://ntv.spbstu.ru/telecom/article/T5.205.2014_08/)
9. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.

#### REFERENCES

1. Tarkovskiy A.A. Beseda o tsvete [Talk about color]. *Kinovedcheskiye zapiski*, 1988, No. 1. (rus)
2. Yanchus V.E., Shablovskiy V.G., Borevich E.V. Video art as an avant-garde cinema. *Design. Materials. Technology*, 2016, No. 1, Pp. 104–107. (rus)
3. Yuryev F.I. The harmony of the spheres. *Color imagery information*. Kiyev, 2007, Vol. 2, P. 15. (rus)
4. Chirimuuta M., Kingdom F.A.A. The Uses of Colour Vision: Ornamental, Practical, and Theoretical. *Minds & Machines*. Received: 23.09.2014. Accepted: 03.03.2015. Publ. online: 28.06.2015. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2015.
5. Borevich Ye.V., Meshcheryakov S.V., Yanchus V.E. Experimental research of computer color correction based on the binary model of visual perception. *Computer Modelling — 2016 (COMOD-2016): Proceedings of the National Science and Technology Conference*. St. Petersburg: Politekh. un-t Publ., 2016, Pp. 280–288. (rus)
6. Itten I. *Art of color*. Moscow: Aronov Publ., 2014, Pp. 21–24. (rus)
7. Laptev V.V. *Infographics in digital art*. Moscow: AVATAR Publ., 2015, Pp. 101–104. (rus)
8. Orlov P.A., Laptev V.V., Ivanov V.M. On the question of the application of eye-tracking systems. *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravleniye* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunication and Control Systems], 2014, No. 5(205), Pp. 84–94. Available: [http://ntv.spbstu.ru/telecom/article/T5.205.2014\\_08/](http://ntv.spbstu.ru/telecom/article/T5.205.2014_08/) (rus)
9. Glants S. *Biomedical Statistics*. Moscow: Praktika Publ., 1998, 459 p. (rus)

---

**ЯНЧУС Виктор Эдмундасович** — старший преподаватель кафедры инженерной графики и дизайна Института металлургии, машиностроения и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.  
E-mail: victorimop@mail.ru

**YANCHUS Victor E.** *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*.  
195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia.  
E-mail: victorimop@mail.ru

**БОРЕВИЧ Екатерина Владиславовна** — студентка Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

E-mail: plasma5210@mail.ru

**BOREVICH Ekaterina V.** *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.*

195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia.

E-mail: plasma5210@mail.ru