# Развитие технологии цифровой обработки видеоматериала на основе комплекса программных средств

Е.В. Боревич <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

#### Аннотация

В статье представлены новые эффективные методы цифровой цветокоррекции для постобработки видеоматериала в кинематографе с целью улучшения его восприятия зрителем в кинематографе. Описан полуавтоматизированный алгоритм создания Представлена методика проведения экспериментов стимульного материала. использованием технологии ай-трекинга. Автором предложена новая методика постановки эксперимента для исследования влияния цветового решения кадра на восприятие его зрителем, с использованием разработанного программного модуля, размещённого в сети. На основе данных, полученных в результате проведённых экспериментов, выработаны практические рекомендации по цифровой обработке киноматериала. Предложенные методы внедрены в лаборатории визуализации и компьютерной графики Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ) и успешно апробированы на некоторых низкобюджетных видеопроектах. Сформулированные практические рекомендации по цветокоррекции применяются студентами и аспирантами при создании короткометражных фильмов и рекламных видеороликов для ежегодного международного фестиваля короткометражного кино Movie Art Fest и при создании рекламных роликов для подразделений СПбПУ.

#### Ключевые слова

Кинокадр, Цифровая цветокоррекция, Цветовое решение, Математическая статистика, Айтрекинг, Веб-приложение.

# Development of the Video Material Digital Processing Technology on the Basis of the Software Tools

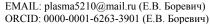
E.V. Borevich 1

<sup>1</sup> Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), Polytechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251, Russia

#### Abstract

The article presents new effective methods of digital color correction for post-processing of film in order to improve viewer perception. The semi-automated algorithm for creating stimulus material is described. The methodology for conducting experiments using an eye-tracker is presented. The author proposes a new method for setting up an experiment to study the effect of a color solution on perception, using the developed software module posted in the internet. Practical recommendations for digital processing of film have been developed, based on the data obtained as a result of the experiments. The proposed methods have been implemented in the visualization and computer graphics laboratory of St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU) and successfully tested in some low-cost video projects. The formulated practical recommendations on color grading are used by master and graduate students when creating short films and promotional videos for the

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия





© 2022 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

annual international festival of short films Movie Art Fest and when creating commercials for SPbPU departments.

#### **Keywords**

Film frame, Color grading, Color scheme, Mathematical statistics, Eye-tracking, Web application.

#### 1. Введение

Феномен цвета сам по себе не прост: он содержит как объективный принцип - физика света, так и субъективный — зрительное восприятие человека. В природе цвета не существует, он появляется только в момент восприятия визуальной информации человеком, как его ощущение, воплощенное в виде образа [1].

Кинематограф, в результате своей эволюции выработал уникальный язык общения со зрителем, главной синтаксической единицей которого является кинокадр [2]. Одна из важнейших задач при создании кино – поиск цветового и композиционного решения кадра [3]. Настоящее исследование посвящено технологии цветокоррекции на этапе постобработки.

Цель исследования — изучить и сформулировать некоторые закономерности влияния цветового решения и композиционного построения на визуальную привлекательность кадра и сформулировать практические рекомендации.

Предмет исследования цветовое решение кадра. Объект исследования графические элементы кинокадра.

Научная новизна исследования заключается в использовании технологий клиент-серверного приложения, веб-сайта, для модуля тестирования, чтобы расширить лабораторный эксперимент с применением технологии ай-трекинга за счет возможности собрать большой объем данных, который недоступен в условиях лаборатории.

### 2. Теоретическая модель

Цветовое зрение является динамическим процессом. Но в динамике и оно строго подчинено внутренней логике диалектического познания действительности. Мозг работает поэтапно. На основании теории цветового восприятия Юрьева, который писал о бинарной функции проводящих зрительных каналов [4], и результатов экспериментов, проведенных в рамках данного исследования, было определено, что работа зрительной системы человека по распознаванию образа происходит в три этапа (рисунок 1) [5].

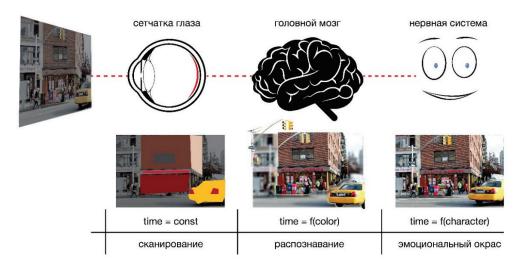


Рисунок 1 – Схема работы зрительной системы человека по распознаванию образа

Первый этап — это механическое сканирование изображения глазом. Он происходит бессознательно и заключается в беглом «ощупывании» изображения глазом. Второй этап — это распознавание увиденного образа — подключается работа головного мозга. Третий этап — это эмоциональный отклик зрителя. Человек составляет собственное впечатление от увиденного.

На первом этапе работы зрительной системы человека по распознаванию образа сканирования изображения - проведенные в рамках данного исследования эксперименты не выявили статистически значимого влияния фактора цветового решения на параметры шаблона рассматривания. Под параметрами шаблона рассматривания мы понимаем параметрические экспериментальные данные, которые фиксируются с помощью ай-трекерного оборудования: длительность рассматривания стимула, количество и длительность фиксаций и саккад при рассматривании стимульного материала. На этапе распознавания образа выявлено статистически значимое влияние фактора цветового решения. Параметры шаблона рассматривания кадра зависят от того, в каком цветовом решении выполнен стимул. На заключительном этапе восприятия изображения зритель оценивает привлекательность изображения, выносит свое субъективное отношение к наблюдаемому кадру. Эмоциональный отклик зрителя зависит не только от наблюдаемого объекта, но и от жизненного опыта человека (образования, эрудиции), а также, предположительно, от настроения наблюдателя, его самочувствия. Чтобы нивелировать влияние на эмоциональную оценку стимула косвенных факторов восприятия стимульного материала, зависящих от наблюдателя, было принято решение существенно расширить круг испытуемых.

В настоящее время не существует общепринятой единицы измерения визуальной привлекательности кинокадра. Для оценки качества произведения используется достаточно субъективный экспертный анализ [6]. В настоящей работе предлагается для сравнения кадров между собой использовать методы математической статистики. Для этого определяем понятие Визуальной привлекательности кинокадра, как свойство кинокадра, направленное на привлечение и удержание внимания зрителя, в результате совокупного воздействия элементов кадра (рисунок 2).

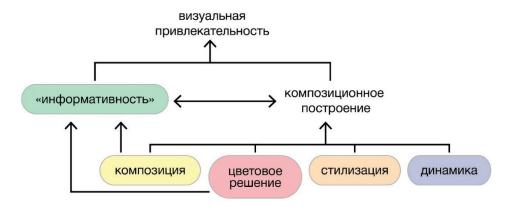


Рисунок 2 – Элементы кадра, влияющие на визуальную привлекательность

На визуальную привлекательность кинокадра влияет «информативность» и композиционное построение [7]. Замысел режиссера определяет «информативность» кадра. Это пассивная составляющая визуальной привлекательности кадра, поскольку она не имеет прямых средств реализации. Реализуется замысел посредством композиционного построения на этапе съемки и монтажа. Композиционное построение кадра состоит из четырёх основных элементов:

- композиция (расположение и соотнесенность частей, элементов кадра и образов);
- элемент кинокадра, который отличает его от фотографии это наличие движения, то есть в кинокадре всегда присутствует динамическая составляющая;
  - цветовое решение (контраст цветовых пятен);
  - стилизация [8].

Стоит задача определить степень и характер влияния элементов кинокадра: цветового решения, информационной нагруженности и стилизации на визуальную привлекательность.

# 3. Математический аппарат

Основные методы, которые используются в настоящей работе для математической обработки данных – это многофакторный дисперсионный анализ данных, метод ранжирования, с использованием весовых коэффициентов и сравнение средней оценки мнения. В рамках данного исследования разработаны две экспериментальные установки: с использованием ай-трекера и с использованием программного модуля, размещённого в интернет пространстве.

В общем случае для обработки данных с помощью методов математической статистики необходимо определить необходимую мощность выборок с данными. Мощность необходима для определения достаточности объёма выборки, особенно при доказательстве отсутствия статистически значимых различий. Проводится эксперимент, для сбора необходимого объема данных. Анализируем полученные данные с помощью дисперсионного анализа. Для проведения дисперсионного анализа в исходных данных выделяется зависимая переменная, цветовое решение, и далее исследуется влияние на неё одной или нескольких независимых переменных, которые также принято называть факторами. Дисперсионный анализ является параметрическим методом, а следовательно, его стоит использовать при минимальном количестве выбросов в данных, а также избегать ненормальные распределения данных. Преимущество дисперсионного анализа заключается в том, что позволяет сравнивать между собой любое количество групп (две, три, четыре и т. д.) Многофакторный анализ позволяет проверить влияние нескольких факторов на зависимую переменную. Математическая модель многофакторного дисперсионного анализа имеет вид:

$$x_{i,j,k} = \mu_i + a_{i,j} + b_{i,k} + \dots + (ab)_{i,j,k} + e_{i,j,k}, \tag{1}$$

где  $x_{i,j,k}$  – результат измерения і-го параметра;  $\mu_i$  – среднее для і-го параметра;  $a_{i,j}$  – систематическая ошибка измерения і-го параметра в ј группе по методу A;  $b_{i,k}$  – систематическая ошибка измерения і-го параметра в к группе по методу В; (аb)і, і, систематическая ошибка измерения і-го параметра в ј, к группе в силу комбинации методов А и В; е<sub>і, ј, k</sub> – случайная ошибка измерения і-го параметра.

В наших исследованиях выбраны некоторые величины, позволяющие косвенно судить о привлекательности кадра (длительность рассматривания стимула, количество фиксаций, количество саккад), мы исследуем влияние на них ряда независимых факторов (цветовое решение, стилизация и информационная нагруженность кадра, фокус-группы испытуемых, объединенных по некоторым признакам). По формальным критериям дисперсионный анализ является подходящим для нас инструментом и позволяет определить наличие искомых зависимостей и взаимовлияние рассматриваемых факторов. Весовые коэффициенты – это числовые характеристики влияющих факторов.

Главное достоинство метода ранжирования заключается в возможности оценивать любое количество факторов, расставляя их в порядке убывания или возрастания значимости, то есть по рангу. В этом методе весовые коэффициенты рассчитываются по формуле:  $k_i = \frac{i}{\Sigma_1^n r_i},$ 

$$k_i = \frac{i}{\sum_{i=1}^{n} r_i},\tag{2}$$

где  $r_i$  – ранг фактора, i=1...n – порядковый номер ранга. Сумма рангов вычисляется по формуле для суммы натурального ряда:

$$\sum_{1}^{n} r_{i} = \frac{n(n+1)}{2},\tag{3}$$

где  $r_i$  – ранг фактора, i=1...n – порядковый номер ранга.

Средняя оценка мнения (Mean opinion score) — это мера, используемая в области качества опыта и телекоммуникационной инженерии, представляющая общее качество стимула или системы. Это среднее арифметическое по всем индивидуальным «значениям по заранее определенной шкале, которые субъект присваивает своему мнению о производительности системы» [9]. Такие рейтинги предназначены для использования в ходе теста субъективной оценки качества. Таким образом:

$$MOS = \frac{\sum_{n=1}^{N} R_n}{N},\tag{4}$$

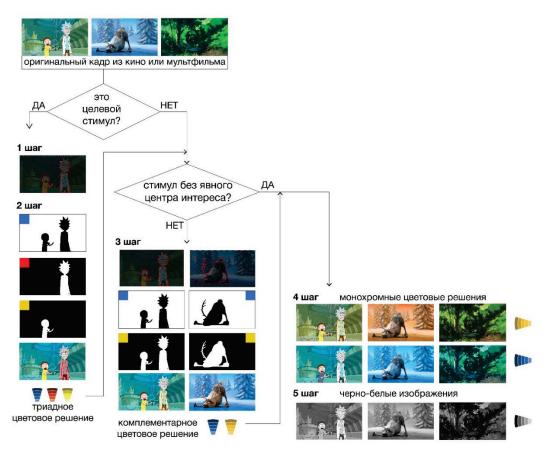
где R - индивидуальные оценки данного стимула по N испытуемым. MOS подвержен определенным математическим свойствам и смещениям [10].

### 4. Алгоритм подготовки стимульного материала

В том случае, когда два (или более) используемых цвета, расположены в композиции рядом, производят хорошее впечатление, говорят, что они гармоничны вместе. Цветовая гармония является результатом соотношения цветов, выбранных в соответствии с ранее предложенной, принятой системой. Она имеет эмоциональный окрас и может быть описана [11].

Стимульный материал разработан на основе кадров из фильмов и мультфильмов. В качестве целевых стимулов выбраны кадры, имеющие два центра интереса и общий смысловой эмоционально-нейтральный окрас. Центром интереса является объект либо группа объектов, воспринимаемая как единая сущность, и являющиеся достаточно контрастными по отношению к фону, чтобы отделиться от него.

В рамках данного исследования, на основе профессионального опыта автора разработан специальный полуавтоматизированный алгоритм перекрашивания кадра, который реализован в программе для цветокоррекции с помощью сохранённой последовательности операций с кадром. Вручную создаются области выделения для центров интереса и для фона. Далее для них создаются слои с масками. После этого запускается один из алгоритмов, в зависимости от того сколько центров интереса в стимуле. Блок-Схема алгоритма перекрашивания изображена на рисунке 3.



**Рисунок 3** — Блок-схема алгоритма перекрашивания оригинальных изображений для создания таргетных и дополнительных стимулов

Состоит алгоритм из 5-ти шагов:

1. Целевые стимулы имеют по два центра интереса. Создаём области выделения для объектов.

- 2. Для создания триадного цветового решения накладываем фотофильтр красного оттенка Red (R 234; G 26; B 26), используя маску одного из объектов; желто-оранжевый фотофильтр Yellow (R 249; G 227; B 28) для второго объекта и синий фотофильтр Blue (R 29; G 53; B 234) для фона (область выделения, исключающая оба объекта). Сохраняем, добавляя к имени «thr».
- 3. Для создания комплементарного цветового решения накладываем желто-оранжевый фотофильтр, используя область выделения для обоих объектов и синий фотофильтр для фона. Сохраняем, добавляя к имени «dop».
- 4. Для создания монохромных цветовых решений накладываем: для тёплой монохромной схемы жёлто-оранжевый фотофильтр на всё изображение, сохраняем, добавляя к имени «onw»; для холодной накладываем синий фотофильтр, сохраняем, добавляя к имени «onc».
- 5. Для создания контрольного черно-белого изображения накладываем фильтр Black and White, сохраняем, добавляя к имени «bww».

Для дополнительных стимулов с одним центром интереса алгоритм такой же, исключая 2 шаг. Для стимулов без явного центра интереса исключаем три первых шага.

В итоге было создано два целевых массива стимулов: массив фотореалистичных стимулов и массив анимационных стимулов. Каждый массив целевых стимулов содержит по 25 стимулов в пяти цветовых решениях (всего 250 стимулов). Кроме этого, были созданы два массива дополнительных стимулов (фотореализм и анимация), каждый из которых содержит 75 стимулов в разных цветовых решениях (всего 275 стимулов).

# 5. Экспериментальная установка

# 5.1. Eye-tracker

Ай-трегинговые исследования подразумевают разработку методик проведения экспериментов с применением методов математической статистики для последующей обработки данных. В рамках данного исследования использовался программно-аппаратный комплекс SMIRED 250 (рисунок 4) [12]. Система состоит из специализированного компьютера, инфракрасного датчика движения глаз и специализированного программного обеспечения SMI Experiment Center для проведения эксперимента и объективного статистического анализа полученных данных. Методика проведения экспериментов с использованием ай-треккинговой установки, фиксирующей глазодвигательную активность для выявления влияния элементов построения кинокадра, влияющих на визуальную привлекательность подробно описана в опубликованных в рамках данного исследования статьях [5, 13].

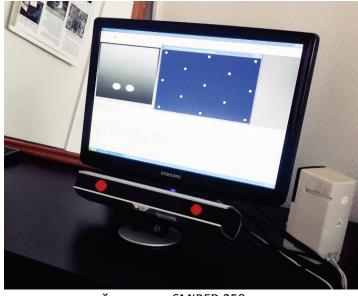


Рисунок 4 – Стационарная система ай-трекинга SMIRED 250

Использование систем ай-трекинга позволяет получить достоверные параметрические данные шаблона рассматривания стимульного материала испытуемым.

С помощью ай-трекера выявлено влияние стилизации изображения, а также информативности. Более абстрактные, также, как и более нагруженные информацией изображения требуют от испытуемого больше времени, а следовательно, и внимания для решения задачи [8, 14].

Методология исследования включает два взаимосвязанных этапа. Первый — выдвигаемая гипотеза о влиянии того или иного фактора тестируется с помощью проведения эксперимента с использованием ай-трекинговой установки. Второй — при получении некоторого ненулевого результата, то есть выявления некоторой зависимости, проводится эксперимент с использованием веб-приложения. Такая экспериментальная установка позволяет собрать больший объем данных.

## 5.2. Веб-приложение

Развитием существующих методов экспериментального исследования глазодвигательной активности человека с использованием технологии ай-трекинга является разработанная в рамках данного исследования методика проведения экспериментов с использованием веб-приложения. Для сбора данных об испытуемых веб-приложение содержит анкету. Рассматривается влияние факторов, таких как гендерный признак, возраст, уровень образования, направленность образования и наличие художественного образования [15].

Проблема заключается в том, что оценка испытуемыми демонстрируемых изображений субъективна. Поэтому необходимо нивелировать влияние на эмоциональную оценку косвенных факторов восприятия за счёт количества испытуемых и последующего усреднения оценок. Задача исследования выявить влияние цветового решения на этапе формирования субъективного мнения — третьем этапе восприятия графической информации (см. рис. 1). Для того чтобы проанализировать зависимость от ряда факторов, необходимо собрать несколько фокус-групп, для исследования этих факторов.

Проведение эксперимента состоит из трёх этапов. Первый размещение программного модуля и тестирование его работоспособности. Далее непосредственно проведение эксперимента, прохождение теста испытуемыми, распространение теста в сети. Чтобы набрать необходимое количество испытуемых, ссылка на тест (https://whynottest.madcore.ru/en) была размещена на сайте кафедры ВШДиА СПбПУ, а также распространена с помощью сервиса Яндекс толока (https://toloka.yandex.ru/). Перед прохождением теста испытуемый заполняет анкету своими данными. Далее приступает к прохождению теста.

Перед испытуемым стоит задача выбрать изображения с двумя центрами интереса. Время прохождения теста не ограничено. Взаимодействие с интерфейсом (рисунок 5) теста заключается в наведении на изображение курсором и нажатие левой кнопки мыши, в случае прохождения теста с использованием персонального компьютера либо ноутбука, и в касании изображений пальцем при прохождении теста с планшета либо смартфона. При необходимости пользователь может сбросить свой выбор, но только в рамках одного экрана, при переходе к следующему стимулу вернуться уже нельзя.

Испытуемому необходимо выбрать все целевые стимулы. Пока не выбраны все 5 целевых стимула нельзя перейти к следующему этапу. При активации стимула не из целевого ряда (один из дополнительных) фиксируется ошибка, которая записывается в таблицу результатов эксперимента. Таким образом, каждому стимулу присваивается весовой коэффициент от 1 до 5 и фиксируется количество ошибок при ранжировании одного ряда основных стимулов. Фиксируется ошибка, только когда испытуемый перешёл к следующему стимулу.

Заключительный этап - вывод данных, собранных в результате проведённого эксперимента. Далее проводится обработка полученных данных какое цветовое решение из предложенных первым притягивает внимание зрителя.

Всего в эксперименте приняли участие 2600 человек. Данные эксперимента экспортируются из программы в табличном виде, после чего происходит их статистический анализ по средством языка статистической обработки экспериментальных данных научных исследований [16].

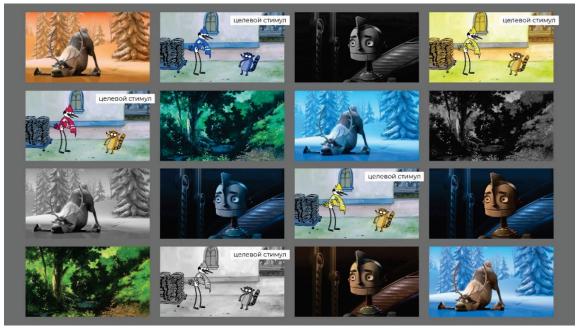


Рисунок 5 – Интерфейс, с отмеченными целевыми стимулами, с двумя центрами интереса

На предварительном этапе происходит оценка корректности выполнения задания испытуемым:

- правильность и полнота заполнения регистрационной формы;
- полного выполнения задания эксперимента тестирования всех стимулов.

После этого осталось 1500 испытуемых, которые успешно справились с заданием, и не являются дальтониками (порядка 55 человек пришлось исключить из-за дальтонизма). Таблица 1 демонстрирует пример полученных данных.

В таблице факторы могут принимать следующие значения: гендер (мужчина – 1, женщина – 0); возрастные группы (до 25, 25-34 и 35+); уровень образования (без образования – 0, среднее образование – 2, не оконченное высшее – 4, высшее – 6); тип образования (без специализации – 0, техническое – 1, гуманитарное – 3); художественная подготовка (0 – отсутствие, 1 – наличие); стилизация изображения (а – анимация, р – фотореалистичный кадр); цветовое решение (bww – черно-белое изображение, thr – триадное цветовое решение, dop – комплементарная цветовая схема, onс – монохром холодный, onw – монохром тёплый); весовой коэффициент (чем меньше значение тов, тем привлекательнее цветовое решение). Фиксировался порядок выбора стимулов (учитывая и нецелевые).

**Таблица 1** – Пример табличных данных после преобразования

Id	Возраст	Гендер	Уровень	Тип	Художественная	Стилизация	Цветовое	MOS
			образования		подготовка	изображения	решение	
1	25-34	1	6	3	0	р	bww	4.44
1	25-34	1	6	3	0	р	dop	2.04
1	25-34	1	6	3	0	р	thr	2.48
1	25-34	1	6	3	0	р	onc	3.2
1	25-34	1	6	3	0	р	onw	2.84
2	35+	0	6	1	0	a	bww	5
2	35+	0	6	1	0	a	dop	2.72
2	35+	0	6	1	0	a	thr	1.2
2	35+	0	6	1	0	a	onc	3.28
2	35+	0	6	1	0	a	onw	2.8

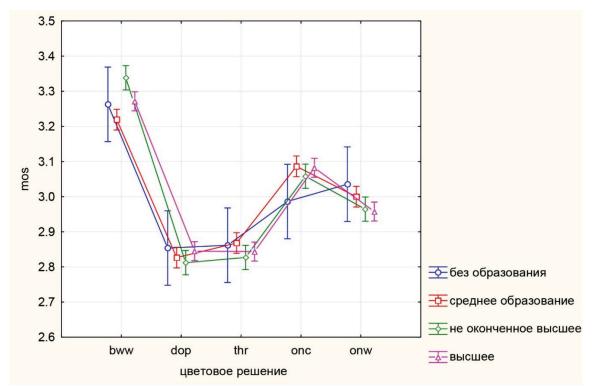
Проведено сравнение выборок по факторам: цветового решения; стилизации изображения (фотореалистичные и анимационные кадры); гендерный признак; тип образования (техническое или гуманитарное); наличие художественной подготовки.

В таблице 2 приведены значения p-value для различных факторов. Красным выделены факторы, для которых значение p-value позволяет принять гипотезу о влиянии (p-value < 0.05)[17].

<b>Габлица 2</b> – Значение критерия знач
p-value
0.00001
0.07417
0.00008
0.00295
0.00003
0.14542
ка 0.70709

**Таблица 2** – Значение критерия значимости p-value

Фактор гендерного признака влияет: женщин больше привлекает триадное цветовое решение, чем мужчин (среднее по всем 2.88 — мужчины, 2.82 — женщины). Стилизация изображений тоже влияет. В анимационных стимулах триадное цветовое решение уступает аналогичному цветовому решению в фотореаличтисных стимулах. На рисунке 6 представлены визуализированные результаты эксперимента, которые демонстрируют влияние фактора уровня образования.



**Рисунок 6** — График плотности распределения весовых коэффициентов, присвоенных стимулам испытуемыми для различных цветовых решений в зависимости от фактора уровня образования

Для фактора возраста и фактора наличия художественного образования в рамках данного эксперимента не выявлено статистически значимого влияния на восприятие цветового решения зрителем.

# 6. Выводы

При построении кадра и выборе цветового решения необходимо учитывать целевую аудиторию, на которую рассчитан кадр. Так как в зависимости от гендерного признака и уровня образования меняется восприятие цветового решения зрителем. Также при построении кадра, необходимо учитывать, что стилизация кадра влияет на восприятие его зрителем. Быстрее считываются анимационные кадры, выполненные в комплементарном цветовом решении, нежели с использованием триадной цветовой схемы. Это можно использовать для регулирования длительности кадра.

Предложенный подход позволяет опросить намного большее количество испытуемых, чем лабораторная установка на основе ай-трекинговой системы, и тем самым дополнительно оценить зависимость восприятия зрительной системы человека от следующих факторов: гендерный признак; возрастной признак; наличие художественной подготовки; уровень образования; и другие.

Большое количество испытуемых может нивелировать субъективную составляющую в оценке стимульного материала испытуемыми и сделать результаты эксперимента более достоверными.

Разработана методика проведения эксперимента. Разработан программный модуль, который размещён в сети интернет. Проведён эксперимент, в котором приняли участие более 2х тысяч испытуемых, которые сформировали фокус-группы для исследования различных факторов. Собраны данные, которые позволили оценить влияние факторов, таких как, гендер, уровень образования, возраст.

# 7. Практическая реализация и апробация результатов

Новые методы цифровой постобработки киноматериала являются логичным результатом исследований, представленных на международных научно-технических конференциях [13, 18] и опубликованных в журналах [8, 14, 19]. Предложенные методы внедрены в лаборатории визуализации и компьютерной графики Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ) и успешно апробированы на некоторых низкобюджетных видеопроектах, например, цветокоррекция в фильме «Элизий» (Анна Сычёва, 2022), который был номинирован за лучшую режиссерскую работу на фестивале Movie Art Fest 2022. Сформулированные практические рекомендации по цветокоррекции применяются студентами и аспирантами при создании короткометражных фильмов и рекламных видеороликов для ежегодного международного фестиваля короткометражного кино Movie Art Fest [20] и при создании рекламных роликов для подразделений СПбПУ.

#### 8. Заключение

Итого в рамках данного исследования разработана методика подготовки стимульного вычислительных Разработан материала ДЛЯ проведения экспериментов. полуавтоматизированный алгоритм создания вариативного цветового решения (реколорирования) стимульного материала. Проведён анализ существующих методов статистической обработки данных. Разработана методика проведения вычислительного эксперимента с применением технологии ай-трекинга. Разработана методика проведения эксперимента с использованием разработанного веб-приложения со структурой баз данных с последующим размещением в сети и применением технологии клиент-сервер. Проведен статистический анализ полученных экспериментальных данных. Выработаны практические рекомендации по использованию методов цветокоррекции для улучшения визуальной привлекательности видеоматериала и привлечения внимания зрителя.

Дальнейшие исследования направлены на выявление влияния цветового решения в графических интерфейсах систем удаленного управления динамическими объектами.

### 9. Благодарности

Работа выполнена в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого в Высшей школе дизайна и архитектуры под руководством профессора Высшей школы дизайна и архитектуры, доктора технических наук С.В. Мещерякова и доцента Высшей школы дизайна и архитектуры, к.т.н. В.Э. Янчус.

#### 10. Список источников

- [1] Железняков В.Н. Цвет и контраст. Технология и творческий выбор. М.: ВГИК, 2001. 286 с.
- [2] Лотман Ю.М. Семиотика кино и проблемы киноэстетики. Таллин: Ээсти Раамат, 1973. 56 с.
- [3] Иванов В.М., Янчус В.Э. Проблемы подготовки специалистов по цифровой цветокоррекции видео // Вестник СПбГУТД. 2014. № 3. С. 33–36.
- [4] Юрьев Ф.И. Цветовая образность информации. Киев: Гармония сфер, 2007. 327 с.
- [5] Mescheryakov S.V., Yanchus V.E., Borevich E.V. Experimental Research of Digital Color Correction Models and Their Impact on Visual Fixation of Video Frames // Humanities and Science University Journal. 2017. № 27. C. 15–24.
- [6] Анохин А.Н. Методы экспертных оценок. Обнинск.: ИАТЭ, 1996. 148 с.
- [7] Янчус В.Э., Боревич Е.В. Исследование значения цветового решения в процессе гармонизации кинокадра // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2016. № 4. С. 53–68.
- [8] Borevich E.V., Mescheryakov S.V., Yanchus V.E. Computer eye-tracking model to investigate influence of the viewer's perception of the graphic information // International Conference on Computer Graphics and Vision. GraphiCon. 2021. № 31. C. 720–728.
- [9] Streijl R.C., Winkler S., Hands D.S. Mean opinion score (MOS) revisited: methods and applications, limitations and alternatives // Multimedia Systems. 2016. № 22. C. 213–227.
- [10] QoE beyond the MOS: an in-depth look at QoE via better metrics and their relation to MOS / T. Hobfeld, P.E. Heegaard, M. Varela, S. Moller // Quality and User Experience. 2016. № 1. C. 1–23.
- [11] Лаптев В.В. Колористические схемы инфографики // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2013. № 4. С. 32–39.
- [12] Янчус В.Э. Компьютерная обработка видеоматериала в кинематографической промышленности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2016. № 2. С. 7–13.
- [13] Боревич Е.В., Мещеряков С.В., Янчус В.Э. Экспериментальное исследование компьютерной цветокоррекции на основе бинарной модели визуального восприятия // Компьютерное моделирование. 2016. № 4. С. 53–68.
- [14] Borevich E.V., Mescheryakov S.V., Yanchus V.E. Influence of Informational Content on Film Frame Perception // International Conference on Computing for Physics and Technology. CPT. 2022. № 10.
- [15] Янчус В.Э., Боревич Е.В. Информационная модель структуры данных и экспериментальная методика улучшения человеко-компьютерного графического интерфейса // Программные системы и вычислительные методы. 2022. № 1. С. 42–54.
- [16] Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. M.: ДМК Пресс, 2014. 588 с.
- [17] Leo G.D., Sardanelli F. Statistical significance: p value, 0.05 threshold, and applications to radiomics-reasons for a conservative approach // European Radiology Experimental. 2020. № 18. C. 2509–9280. doi:10.1186/s41747-020-0145-y
- [18] Боревич Е.В., Янчус В.Э. Исследование влияния фактора цветовых гармоний в композиционном решении кинокадра на восприятие его зрителем // Неделя науки СПбПУ. 2015. № XLIV. С. 130–132.
- [19] Боревич Е.В. Экспериментальное исследование влияния цветовых решений на восприятие графических изображений в зависимости от гендерного признака // Неделя науки ИСИ. 2022. № 3. С. 234–237.
- [20] Annual International Festival of Students Short Films [Электронный ресурс] / Е.В. Боревич, В.Э. Янчус // MovieArtFest. 2022. URL: http://www.movieartfest.ru (дата обращения 03.07.2022).