

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Введение | 4 |
| 1 Аналитическая часть | 6 |
| 1.1 Формализация задачи | 6 |
| 1.2 Цветовая модель | 7 |
| 1.2.1 Цветовая модель RGB | 7 |
| 1.2.2 Цветовая модель HSL | 8 |
| 1.2.3 Цветовая модель HSLuv | 8 |
| 1.2.4 Цветовая модель CIELAB | 9 |
| 1.2.5 Цветовая модель LCH | 9 |
| 1.3 Выбор цветовой модели для решения задачи | 10 |
| 1.4 Конвертация цветов между цветовыми моделями | 10 |
| 1.5 Анализ возможных решений | 12 |
| 1.5.1 Наивная инверсия | 12 |
| 1.5.2 Изменение цвета компонентов на основе анализа цветовой карты | 15 |
| 1.6 Анализ существующих решений | 17 |
| 2 Конструкторская часть | 19 |
| 2.1 Разработка алгоритмов | 19 |
| 3 Технологическая часть | 20 |
| 3.1 Требования к ПО | 20 |
| 3.2 Средства реализации | 20 |
| 3.3 Листинг кода | 20 |
| 3.4 Тестирование функций | 20 |
| 4 Исследовательская часть | 21 |
| 4.1 Пример работы | 21 |
| 4.2 Технические характеристики | 21 |
| Заключение | 22 |
| Литература | 23 |

Введение

В мире половина людей владеет смартфонами [1] и персональными компьютерами [2]. Третью часть дня [3] люди пользуются цифровыми устройствами – смартфонами и персональными компьютерами. В этом нет ничего странного, ведь жизнь постепенно переходит в цифровое пространство: уже никого не удивить покупками [4], просмотрами фильмов и сериалов, работой через Интернет.

В таких условиях человеческое здоровье подвергается нагрузке, в том числе при этом страдают глаза [5]. В течение работы за экраном компьютера или телефона, человеческий глаз испытывает перенапряжение. Для решения этой проблемы производители программного обеспечения и разработчики веб-страниц стали добавлять в продукты функцию переключения интерфейса в темный (ночной) режим [6]. Синий свет, излучаемый экранами цифровых устройств, приводит не только к перенапряжению глаз, но и к нарушению секреции мелатонина в организме человека [7], что негативно влияет на сон. Использование темного режима при работе с дисплеями снимает напряжение с глаз и не нарушает секрецию мелатонина.

Помимо пользы для здоровья, темный режим положительно влияет [8] на время работы от батареи устройств, оснащенных OLED [9] дисплеями. Например, при яркости экрана в 50%, мобильное приложение YouTube [10] с включенным темным режимом потребляет на 15% меньше заряда аккумулятора, чем с включенным дневным режимом [8].

Несмотря на плюсы темного режима, остаются веб-страницы, которые не поддерживают такую опцию.

Цель работы – реализовать программное обеспечение для изменения цветовой палитры веб-страниц со светлой на темную.

Чтобы достигнуть поставленной цели, требуется решить следующие задачи:

- проанализировать цветовую карту веб-страницы, чтобы оценить какую часть цветов стоит изменить;

- изменить цветовую палитру веб-страницы в соответствии с полученной цветовой карты;
- обработать изображения, расположенные на веб-странице;
- обработать динамический контент (видео, анимации), расположенные на веб-странице.

Решение поставленной проблемы не очевидно, потому что помимо факторов, влияющих на здоровье пользователя, стоит учесть удобство использования преобразованными веб-страницами. Человеческий глаз лучше воспринимает черный текст на белом фоне, нежели белый текст на черном фоне, как предполагает ночной режим. Так происходит потому, что белый цвет отражает цвет каждой волны в цветовом спектре [11].

Исходя из приведенных выше фактов, стоит задача разработать такую программу, которая будет изменять цветовую палитру веб-страницы в соответствии и с требованиями к снижению нагрузки на глаза, и с требованиями относительно читаемости текста [12].

1 Аналитическая часть

В данном разделе описаны цветовые модели, пригодные для решения задачи, выбор цветовой модели, а также анализ возможных и существующих решений.

1.1 Формализация задачи

Ресурсы в сети Интернет представлены в виде веб-сайтов [13], веб-сайты в свою очередь состоят из веб-страниц. Веб-страница – это документ, который может быть отображён веб-браузерами, такими как: Firefox, Google Chrome, Microsoft Internet Explorer / Edge или Safari от Apple [13]. Веб-страница состоит из множества компонентов: текст, изображения, фон и т.п. Каждый компонент имеет свои цветовые параметры, количество которых зависит от используемой цветовой модели.

Для преобразования цветовой схемы веб-страниц используется таблица стилей CSS [14]. С помощью CSS можно настраивать параметры отображения компонентов веб-страницы (цвет, яркость и т.п.). Разработчики веб-страниц вручную добавляют расширения для таблицы стилей для поддержки ночного режима. Цель работы – автоматизировать добавление ночного режима для веб-страниц, основываясь на анализе цветовой палитры [15].

В таблице стилей CSS при работе с цветами используется три цветовых модели: RGB, RGBA и HSL, поэтому общее решение задачи можно представить в виде формулы 1.1:

$$CM_{converted} = F(CM_{initial}), \quad (1.1)$$

где F – функция преобразования цветовой модели, $CM_{initial}$ и $CM_{converted}$ – начальная и преобразованная цветовые модели соответственно.

1.2 Цветовая модель

Цветовая модель – термин, обозначающий абстрактную модель описания представления цветов в виде кортежей чисел, называемых цветовыми компонентами или цветовыми координатами. Вместе с методом интерпретации этих данных (например, определение условий воспроизведения или просмотра – то есть задание способа реализации), цвета цветовой модели определяет цветовое пространство.

1.2.1 Цветовая модель RGB

Цветовая модель RGB описывает излучаемые цвета. Она основана на трёх базовых цветах: красный (Red), зелёный (Green) и синий (Blue). Остальные цвета получаются сочетанием базовых. Цвета такого типа называются аддитивными. В компьютерах для представления каждой из координат традиционно используется один октет, значения которого обозначаются для удобства целыми числами от 0 до 255 включительно. Она применяется в приборах, излучающих свет, таких, например, как мониторы, прожекторы, фильтры.

Инвертировать цвет, заданный в цветовой модели RGB, можно при помощи формулы 1.2:

$$\begin{aligned} R_{inverted} &= 255 - R_{initial} \\ G_{inverted} &= 255 - G_{initial} \\ B_{inverted} &= 255 - B_{initial} \end{aligned} \tag{1.2}$$

Цветовая модель RGB в рамках задачи позволяет использовать метод наивной инверсии, который описан в 1.5.1.

1.2.2 Цветовая модель HSL

Цветовая модель HSL, HLS или HSI (от англ. Hue, Saturation, Lightness (Intensity)) – цветовая модель, в которой цветовыми координатами являются тон, насыщенность и светлота.

- Hue – цветовой тон (например, красный, зелёный или сине-голубой). Варьируется в пределах $0\text{--}360^\circ$, однако иногда приводится к диапазону 0–100 или 0–1.
- Saturation – насыщенность. Варьируется в пределах 0–100 или 0–1. Чем больше этот параметр, тем «чище» цвет, поэтому этот параметр иногда называют чистотой цвета. А чем ближе этот параметр к нулю, тем ближе цвет к нейтральному серому.
- Lightness (Intensity) – светлота (яркость). Постоянный оттенок (d, h) приводит к вертикальному поперечному сечению. Также задаётся в пределах 0–100 и 0–1.

Цветовая модель HSL в рамках задачи позволяет использовать метод изменения цвета компонентов на основе анализа цветовой карты [16], который описан в 1.5.2, что дает более удобочитаемое [17] представление.

1.2.3 Цветовая модель HSLuv

Цветовая модель HSLuv является альтернативной версией модели HSL, которая позволяет с большей точностью (градацией) задать контраст цвета.

Данная цветовая модель непригодна в рамках задачи, так как более плавная градация цвета ведет к получению сильно близких друг к другу цветов, что ухудшает читаемость.

1.2.4 Цветовая модель CIELAB

Цветовая модель CIELAB – цветовая модель, в которой цветовыми координатами являются светлота от черного до белого, от зеленого до красного и от синего до желтого цветов.

- L – светлота от черного (0) до белого (100).
- A – светлота от зеленого (-) до красного (+).
- B – светлота от синего (-) до желтого (+).

Данная цветовая модель спроектирована так, что любое изменение числовых параметров компонент соответствующе влияет на визуальное восприятие.

Цветовая модель CIELAB непригодна в рамках задачи, так как не позволяет расчитать близость цветов в цветовой палитре, как это позволяют сделать модели HSL и HSLuv.

1.2.5 Цветовая модель LCH

Цветовая модель LCH – "цилиндрическая" версия цветовой модели CIELAB, что означает, что вместо 6 цветовых параметров, доступных в CIELAB, используется только 4.

- L – светлота от черного (0) до белого (100).
- C – расстояние от серого (0 – 100).
- H – направление цвета (0 – 360) (0 – красный, 90 – желтый, 180 – зеленый, 270 – синий).

Цветовая модель LCH пригодна в рамках задачи, так как позволяет, как и модель HSL, рассчитывать близость цветов в цветовой палитре.

1.3 Выбор цветовой модели для решения задачи

Для решения задачи подходит 3 цветовых модели: RGB, HSL и LCH. В качестве основной модели выбрана модель HSL, так как она:

- позволяет оценить близость цветов в цветовой палитре, что позволит при инверсии цветов подбирать наиболее близкие цвета, отталкиваясь от базового, для сохранения визуальной целостности веб-страницы;
- позволяет провести прямую конвертацию из RGB, в отличие от LCH. RGB – самая распространенная цветовая модель, используемая в таблице стилей CSS [18], поэтому данную конвертацию придется производить с большой частотой;
- изначально поддерживается таблицей стилей CSS, что позволит не производить обратную конвертацию в RGB.

1.4 Конвертация цветов между цветовыми моделями

В формулах 1.3 – 1.6 представлены шаги для получения компонент цвета цветовой модели HSL из RGB.

$$H = \begin{cases} \text{undefined} & \text{if } MAX = MIN \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0^\circ, & \text{if } MAX = R \\ & \text{and } G \geq B \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360^\circ, & \text{if } MAX = R \\ & \text{and } G < B \\ 60^\circ \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120^\circ, & \text{if } MAX = G \\ 60^\circ \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240^\circ, & \text{if } MAX = B \end{cases}, \quad (1.3)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{if } L = 0 \text{ or } MAX = MIN \\ \frac{MAX-MIN}{MAX+MIN} = \frac{MAX-MIN}{2L}, & \text{if } 0 < L \leq \frac{1}{2} \\ \frac{MAX-MIN}{2-(MAX+MIN)} = \frac{MAX-MIN}{2-2L}, & \text{if } \frac{1}{2} < L < 1 \end{cases}, \quad (1.4)$$

или, в общем случае

$$S = \frac{MAX - MIN}{1 - |1 - (MAX + MIN)|}, \quad (1.5)$$

$$L = \frac{1}{2}(MAX + MIN), \quad (1.6)$$

где:

- R, G, B – значения цвета в цветовой модели RGB, значения в диапазоне [0; 1] (R - красный, G - зелёный, B - синий);
- MAX – максимум из трёх значений (R, G, B);
- MIN – минимум из трёх значений (R, G, B);
- H – тон [0; 360];
- S – насыщенность [0; 1];
- L – светлота [0; 1].

В формулах 1.7 – 1.15 представлены шаги для получения компонент цвета цветовой модели RGB из HSL.

$$Q = \begin{cases} L \times (1.0 + S), & \text{if } L < 0.5 \\ L + S - (L \times S), & \text{if } L \geq 0.5 \end{cases} \quad (1.7)$$

$$P = 2.0 \times L - Q \quad (1.8)$$

$$H_k = \frac{H}{360} \quad (1.9)$$

$$T_R = H_k + \frac{1}{3} \quad (1.10)$$

$$T_G = H_k \quad (1.11)$$

$$T_B = H_k - \frac{1}{3} \quad (1.12)$$

$$\text{if } T_c < 0 \rightarrow T_c = T_c + 1.0 \quad \text{for each } c = R, G, B \quad (1.13)$$

$$\text{if } T_c > 1 \rightarrow T_c = T_c - 1.0 \quad \text{for each } c = R, G, B \quad (1.14)$$

Для каждого цвета $c = R, G, B$:

$$\text{color}_c = \begin{cases} P + ((Q - P) \times 6.0 \times T_c), & \text{if } T_c < \frac{1}{6} \\ Q, & \text{if } \frac{1}{6} \leq T_c < \frac{1}{2} \\ P + ((Q - P) \times (\frac{2}{3} - T_c) \times 6.0), & \text{if } \frac{1}{2} \leq T_c < \frac{2}{3} \\ P, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1.15)$$

1.5 Анализ возможных решений

В данном подразделе представлен сравнительный анализ возможных решений поставленной задачи.

1.5.1 Наивная инверсия

Метод наивной инверсии предполагает собой получение инвертированного значения компонента цвета путем вычитания из максимально возможного значения параметра компонента текущего значения. В формуле 1.2 показан пример инвертирования цвета для цветовой модели RGB.

Наивная инверсия цвета даст некорректный в контексте работы результат: при инверсии цветов некоторых элементов (например, фон и текст), их конечное отображение может оказаться нечитаемым [19]. На рисунках 1.1 и 1.2 показаны исходное состояние веб-страницы и состояние, на котором инвертированы цвета, соответственно.

Данный результат обусловлен тем, что при инвертировании темного цвета в результате получается светлый цвет. Такое изменение корректно в случае, если меняется цвет текста, но некорректно, если меняется цвет фона. Помимо этого, читаемость текста на измененных веб-страницах может не всегда быть приемлемой. Полученные цвета текста и фона могут не да-

вать соотношение контрастности 4.5:1 или, в лучшем случае, 7:1. Данные соотношения являются рекомендованными согласно стандарту WCAG 2.1 [20], описывающему требования к отображению элементов веб-страницы. Несоответствие результатов стандарту противоречит поставленной цели.

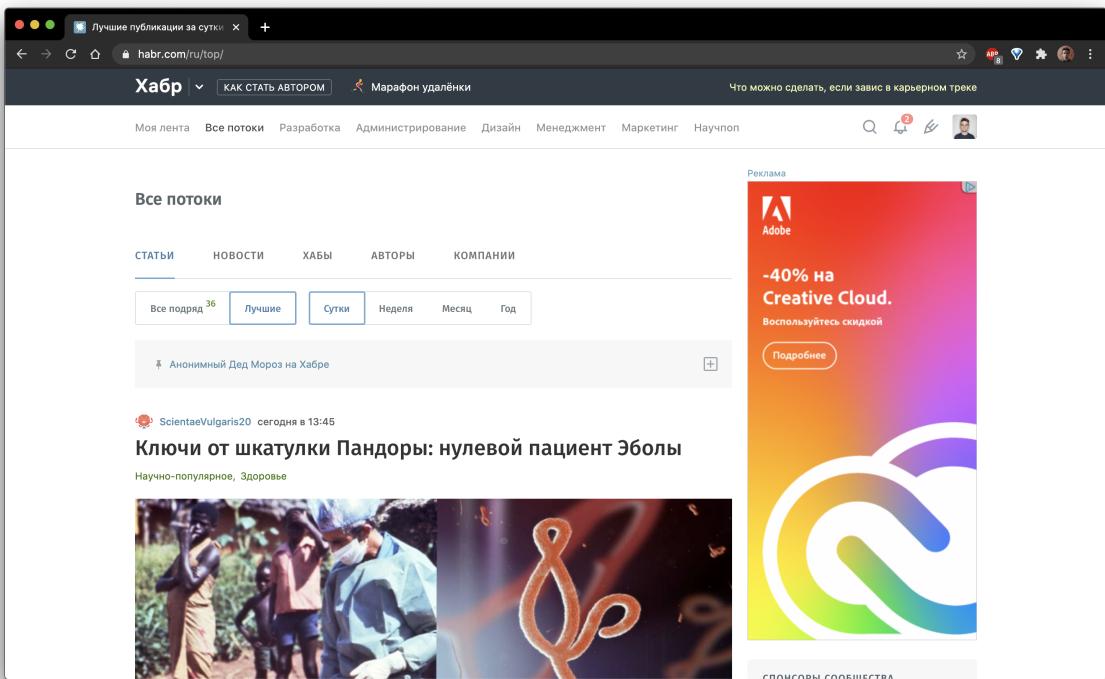


Рисунок 1.1 – Исходное состояние веб-страницы

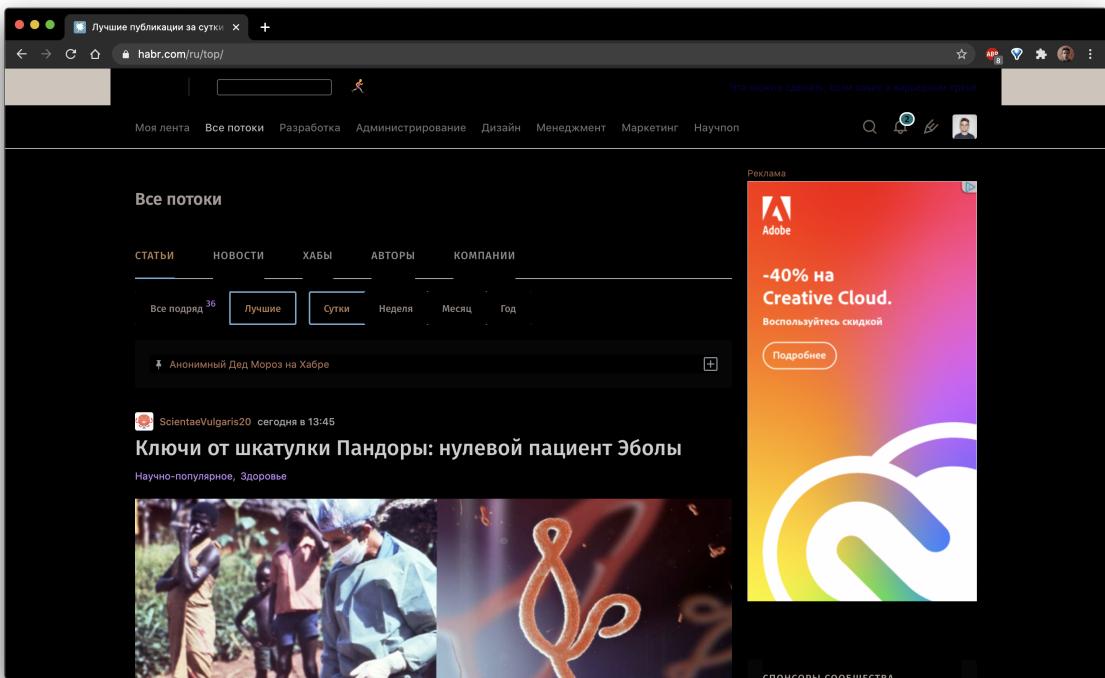


Рисунок 1.2 – Состояние веб-страницы с инвертированными цветами

1.5.2 Изменение цвета компонентов на основе анализа цветовой карты

Метод изменения цвета компонентов на основе анализа цветовой карты предполагает собой инверсию только базового цвета страницы (наиболее часто встречающегося на странице). Причем под инверсией предполагается не прямая инверсия, а выбор близкого по модели к инвертированному цвета с учетом условий сохранения читаемости [12]. После преобразования базового цвета остальные цвета на странице подбираются в соответствии с преобразованным цветом в том же спектре, что и базовый, но с другими параметрами модели. Такое преобразование позволяет сохранить изначальную визуальную структуру страницы. Стоит отметить, что выбор цветов стоит производить также опираясь на стандарт отображения элементов веб-страницы [20], чтобы обеспечить приемлемый уровень читаемости текста. Для подбора цветов можно воспользоваться формулой 1.16:

$$\frac{L_1 + 0.05}{L_2 + 0.05}, \quad (1.16)$$

где

- L₁ – относительная яркость [21] самого яркого из цветов, представленных на странице.
- L₂ – относительная яркость самого темного из цветов, представленных на странице.

Под самым ярким и самым темным цветами подразумеваются цвета, имеющие наибольший и наименьший параметр L (Lightness) в цветовой модели HSL, соответственно.

На рисунках 1.3 и 1.4 представлены исходное состояние веб-страницы и её цветовая карта соответственно.

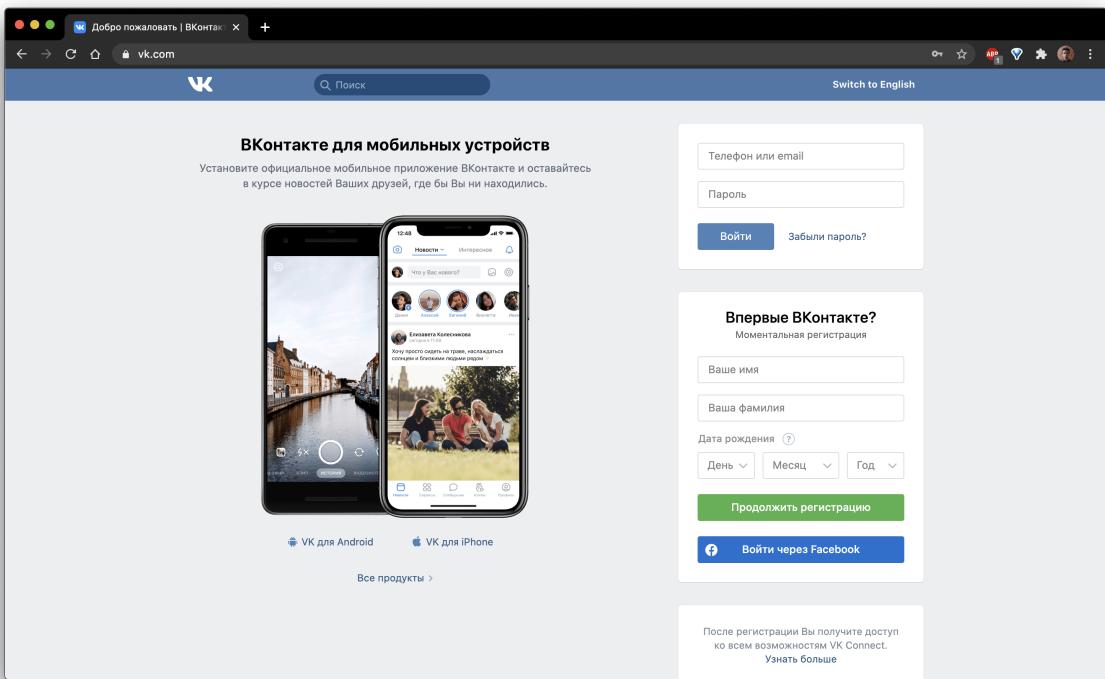


Рисунок 1.3 – Исходное состояние веб-страницы

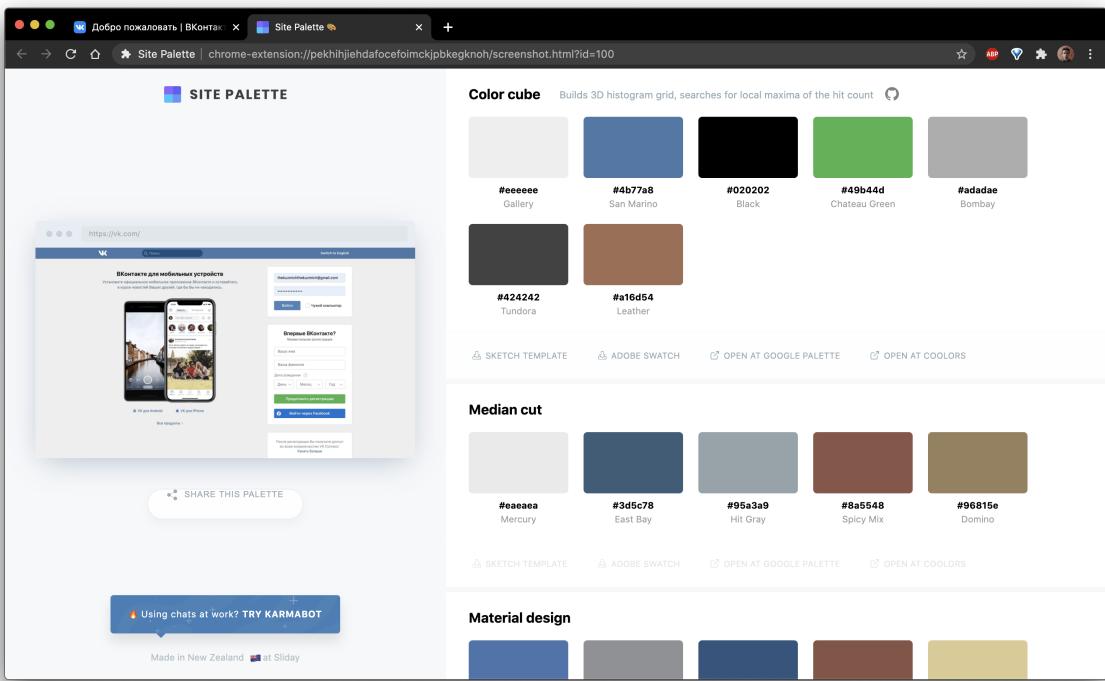


Рисунок 1.4 – Цветовая карта веб-страницы

На основе анализа цветовой карты можно произвести преобразование цветов. Полученный результат показан на рисунке 1.5.

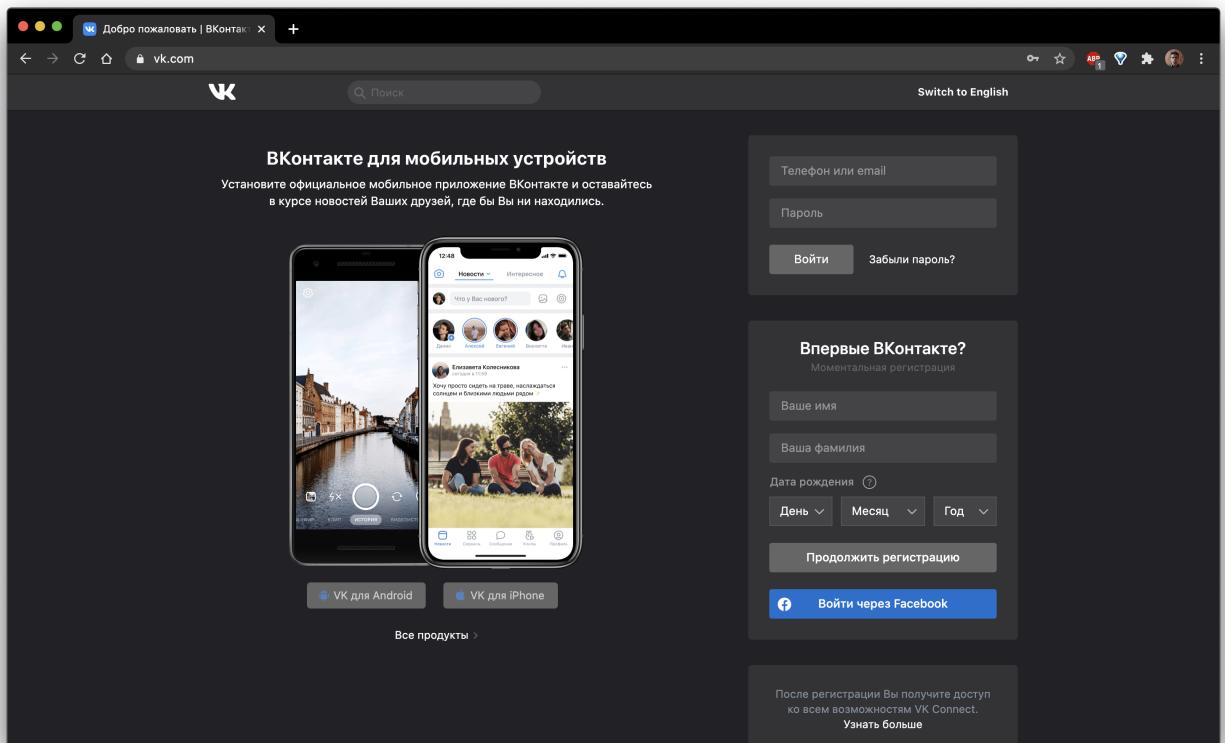


Рисунок 1.5 – Состояние веб-страницы с преобразованными цветами

Полученного результата трудно достичь, используя цветовую модель RGB, потому что она не позволяет определить близость расположения цветов в цветовой палитре, что необходимо для обеспечения удобочитаемого распределения цветов при преобразовании цветовой схемы. Чтобы достичь такого результата, можно использовать цветовую модель HSL, которая позволяет определять близость цветов.

Данное решение вписывается в цель работы и будет реализовано в дальнейшем.

1.6 Анализ существующих решений

В качестве существующих решений для анализа выбраны расширение для браузеров Night Eye [22] и встроенная в браузер Google Chrome [23]

опция Chrome Dark Mode [24].

В таблице 1.1 представлен сравнительный анализ существующих решений.

Таблица 1.1 – Анализ существующих решений

| Название решения | Широкая поддержка браузеров | Регулярные обновления | Наличие бесплатной версии | Количество сайтов, доступных для бесплатной версии |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|--|
| Night Eye | + | + | + | 5 |
| Chrome Dark Mode | - | + | + | неограничено |

Вывод

В данном разделе был проведен анализ цветовых моделей, возможных и существующих решений поставленной задачи. В качестве основной цветовой модели, при помощи которой будет решаться задача, была выбрана модель HSL, а метода изменения цветовой палитры – метод изменения цвета компонентов на основе анализа цветовой карты.

2 Конструкторская часть

2.1 Разработка алгоритмов

Вывод

3 Технологическая часть

3.1 Требования к ПО

3.2 Средства реализации

3.3 Листинг кода

3.4 Тестирование функций

Вывод

4 Исследовательская часть

4.1 Пример работы

4.2 Технические характеристики

Вывод

Заключение

Литература

- [1] Smartphone users | Statista [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/> (дата обращения: 8.11.2020).
- [2] How many people have access to a computer | Statista [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/748551/worldwide-households-with-computer/> (дата обращения: 8.11.2020).
- [3] Global Online Content Consumption Doubled In 2020 – Forbes [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2020/09/26/global-online-content-consumption-doubled-in-2020/?sh=248eeecd2fde> (дата обращения: 8.11.2020).
- [4] Find out How Many People Shop Online in 2020 | Oberlo [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oberlo.com/statistics/how-many-people-shop-online> (дата обращения: 8.11.2020).
- [5] Digital Eye Strain | The Vision Council [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web-old.archive.org/web/20200612073503/https://www.thevisioncouncil.org/content/digital-eye-strain> (дата обращения: 8.11.2020).
- [6] Dark Mode - What Is It, and Why Do We Need It? | techahead [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.techaheadcorp.com/blog/dark-mode/> (дата обращения: 8.11.2020).
- [7] Blue light has a dark side – Harvard Health [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side> (дата обращения: 8.11.2020).
- [8] Cost of a Pixel Color (Android Dev Summit '18) – YouTube [Электрон-

ный ресурс]. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=N_6sPd0Jd3g (дата обращения: 8.11.2020).

- [9] OLED – Wikipedia [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/OLED> (дата обращения: 8.11.2020).
- [10] YouTube – Wikipedia [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/YouTube> (дата обращения: 8.11.2020).
- [11] Is Dark Mode Better for Your Eyes? – Rx Optical [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rxoptical.com/eye-health/is-dark-mode-better-for-your-eyes/> (дата обращения: 16.11.2020).
- [12] Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (дата обращения: 06.12.2020).
- [13] Веб-страницы, веб-сайты, веб серверы и поисковики – Изучение веб-разработки | MDN [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Pages_sites_servers_and_search_engines (дата обращения: 21.11.2020).
- [14] CSS – Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CSS> (дата обращения: 21.11.2020).
- [15] Цветовая палитра – Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B0 (дата обращения: 27.11.2020).
- [16] Palette (computing) – Wikipedia [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Palette_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Palette_(computing)) (дата обращения: 01.12.2020).
- [17] Критерии 100% читаемости сайтов / Хабр [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/48862/> (дата обращения: 01.12.2020).

- [18] Defining Colors in CSS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.simmons.edu/~grovesd/comm244/notes/week3/css-colors#:~:text=Hexadecimal%20Color%20Values,way%20to%20represent%20RGB%20values>. (дата обращения: 01.12.2020).
- [19] Understanding Web Accessibility Color Contrast Guidelines and Ratios | CSS-Tricks [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://css-tricks.com/understanding-web-accessibility-color-contrast-guidelines-and-ratios/> (дата обращения: 06.12.2020).
- [20] Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/#contrast-enhanced> (дата обращения: 08.12.2020).
- [21] Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/#dfn-contrast-ratio> (дата обращения: 08.12.2020).
- [22] Night Eye – Dark mode extension [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nighteye.app/> (дата обращения: 22.11.2020).
- [23] Веб-браузер Google Chrome [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.google.com/intl/ru_ru/chrome/ (дата обращения: 22.11.2020).
- [24] Browse in Dark mode or Dark theme – Android – Google Chrome Help Center [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://support.google.com/chrome/answer/9275525?co=GENIE.Platform%3DAndroid&hl=en> (дата обращения: 22.11.2020).