

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СЦЕНАРИЕВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ЦВЕТОВОЙ ПАЛИТРЫ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ КЛАСТЕРИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Кулешова Е.Е.¹

Научный руководитель: Демин А.Ю.²

¹Томский политехнический университет, ИШИТР, гр. 8ВМ41, e-mail: eek24@tpu.ru

²Томский политехнический университет, ИШИТР, к.т.н., доцент ОИТ, ad@tpu.ru

Аннотация

Разработка и внедрение алгоритма для уменьшения цветовой палитры изображений с целью адаптации их к технологиям печати с ограниченной палитрой. Алгоритм использует квантование с помощью Median Cut и кластеризацию DBSCAN для определения количества цветовых групп, что позволяет эффективно обрабатывать изображения с различными оттенками и подготавливать их для печати.

Ключевые слова: обработка изображений, работа с цветовой палитрой, кластеризация, персонализация, технологии печати.

Введение

Компания «Aurigma» [1] разрабатывает инструменты для персонализации продукции [2], включая программные решения для полиграфии, сувенирной и текстильной индустрии. Одним из направлений компании является автоматизация процесса нанесения логотипов на сувенирную продукцию, такую как ручки и флешки. Некоторые технологии печати (например, тампопечать и шелкография) требуют строгого ограничения количества цветов, так как каждый цвет требует отдельного трафарета. Однако изображения, загружаемые клиентами, могут содержать множество оттенков из-за артефактов сжатия или быть полноцветными, что делает их непригодными для таких технологий.

Существующие решения компании в основном ориентированы на полноцветную печать и бесцветные методы (гравировка, выдавливание), но автоматической адаптации изображений под технологии с ограниченной цветностью пока нет. В связи с этим возникла необходимость разработки алгоритма, который позволит автоматически анализировать и преобразовывать изображения, чтобы они соответствовали требованиям конкретных технологий печати.

Постановка задачи и разработка решения

В ходе работы над сервисом перекрашивания изображений в заданную палитру (рис. 1) возникла необходимость предварительного анализа цветов. Первоначально предполагалось, что система будет просто заменять цвета загруженного изображения на заданные, однако при практическом применении этого подхода выявилась важная проблема: качество исходных изображений оказывало значительное влияние на корректность перекрашивания.

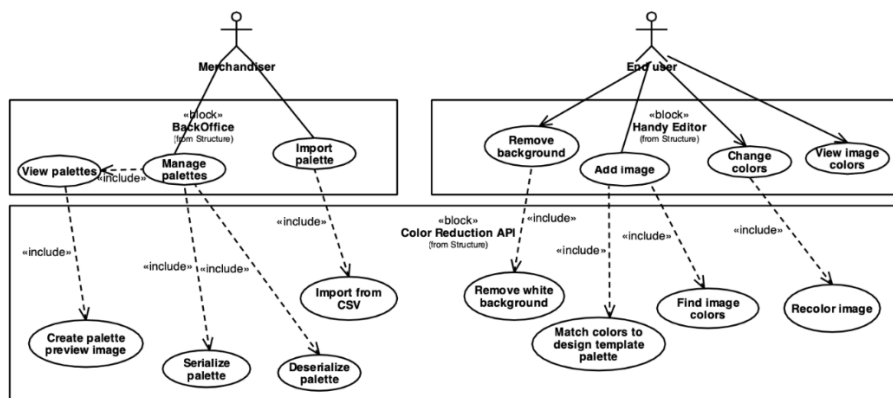


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования сервиса

Очевидно, что для успешного перекрашивания изображения необходимо сначала выделить его основные цвета (вариант использования – «Find image colors»). В случае с векторными изображениями этот процесс не вызывает сложностей: достаточно собрать цвета всех векторных элементов, а если их слишком много – уведомить пользователя о невозможности печати в данной технике.

Однако при анализе растровых изображений возникла серьезная проблема: артефакты сжатия, характерные для формата JPEG, приводили к появлению множества схожих, но незначительно различающихся оттенков (поиск цветов выдавал 40000 цветов вместо 4). Это затрудняло корректное определение палитры и последующую замену цветов.

Таким образом, в процессе работы были выделены две ключевые задачи:

1. Определение пригодности изображения для печати с ограниченной палитрой.

Если изображение содержит слишком много цветов (например, фотография), система уведомляет пользователя о невозможности печати.

2. Автоматическое сокращение количества цветов.

Если изображение является логотипом, но содержит артефакты сжатия, алгоритм должен редуцировать его палитру до небольшого количества ключевых цветов, сохраняя при этом читаемость и визуальное качество.

Процесс выделения и уменьшения количества цветов представлен на рисунке 2.

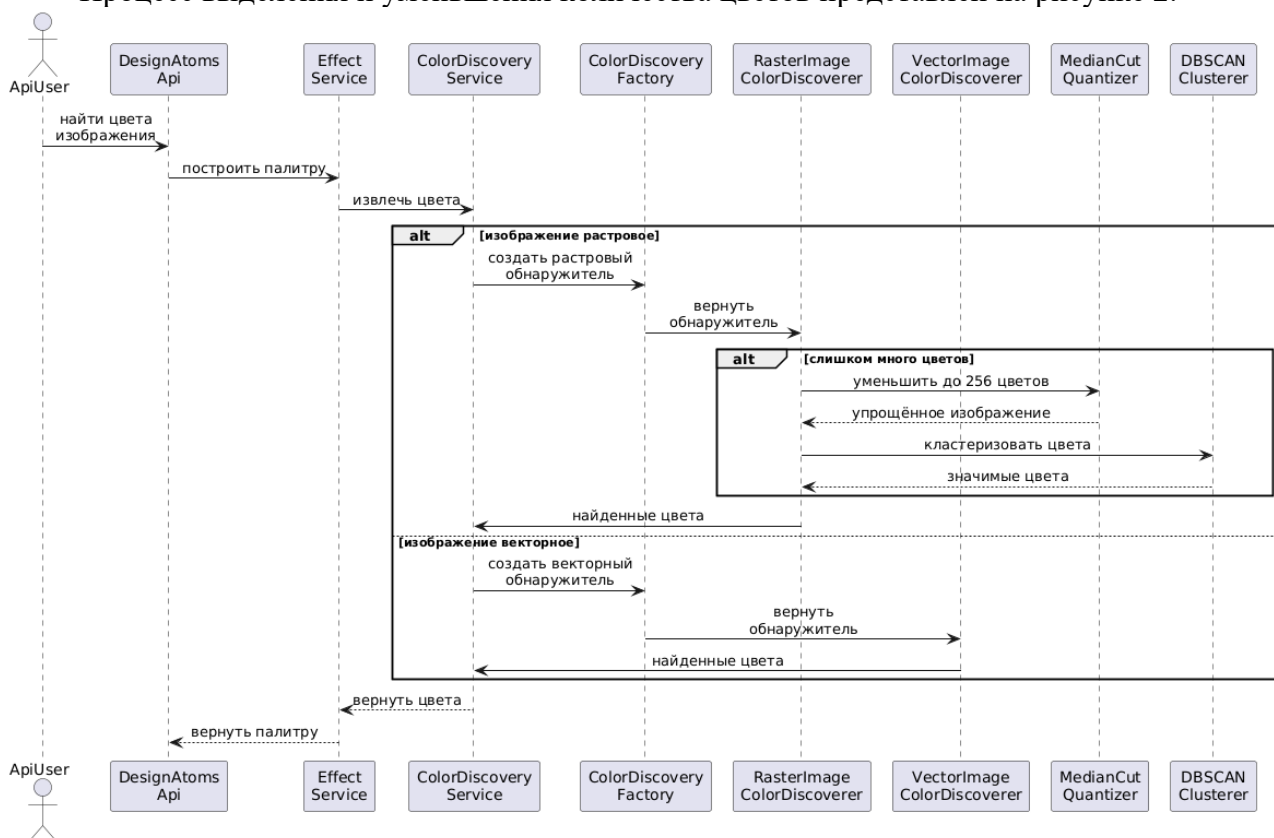


Рис. 2. Процесс выделения и редукации цветов

Методы уменьшения цветовой палитры

Для уменьшения количества цветов в изображении применяются алгоритмы квантования. Основные из них:

- Median Cut – разделяет цветовое пространство на равные части, формируя палитру с равномерным распределением цветов [3].
- K-Means – группирует цвета в заданное количество кластеров, минимизируя внутрикластерное расстояние.
- Октодереву – строит иерархическую структуру, объединяя похожие цвета [4].

Основная проблема этих методов заключается в том, что они требуют заранее заданного количества цветов. Это не всегда возможно, поскольку число значимых цветов в изображении зависит от его содержания.

Существуют и алгоритмы, не требующие заранее задавать количество, например, DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise). Однако у него квадратичная сложность, что является большой проблемой с точки зрения производительности – растровые изображения могут содержать сильно много цветов [5-6].

Предлагаемый метод

Для решения проблемы предложен комбинированный подход, включающий два этапа:

1. Квантование до фиксированного количества цветов

На первом этапе изображение упрощается до 256 цветов с помощью Median Cut. Это снижает вычислительную сложность последующей обработки и позволяет работать с фиксированным набором цветов вместо тысяч уникальных оттенков.

2. Кластеризация для определения реального количества цветов

После квантования применяется алгоритм DBSCAN для определения числа групп близких цветов:

- Если количество цветовых групп превышает заданное пороговое значение (например, 10–15 цветов), изображение классифицируется как неподходящее для печати с ограниченной палитрой.
- Если количество групп находится в допустимых пределах, цвета изображения упрощаются до числа кластеров, делая его пригодным для печати.

Архитектурное решение

Предложенный метод интегрирован в систему, состоящую из трех основных компонентов, представленных на диаграмме контекста на рисунке 3:

1. Handy Editor – интерфейс для конечных пользователей, позволяющий загружать изображения, анализировать их цвета, менять палитру и удалять фон.

2. Color Reduction API – серверная часть, выполняющая поиск значимых цветов, перекрашивание изображений, удаление белого фона и обработку палитр. Именно здесь в качестве части операции поиска цветов и находится предложенное решение.

3. BackOffice – панель управления для мерчендайзеров, работающих с палитрами.

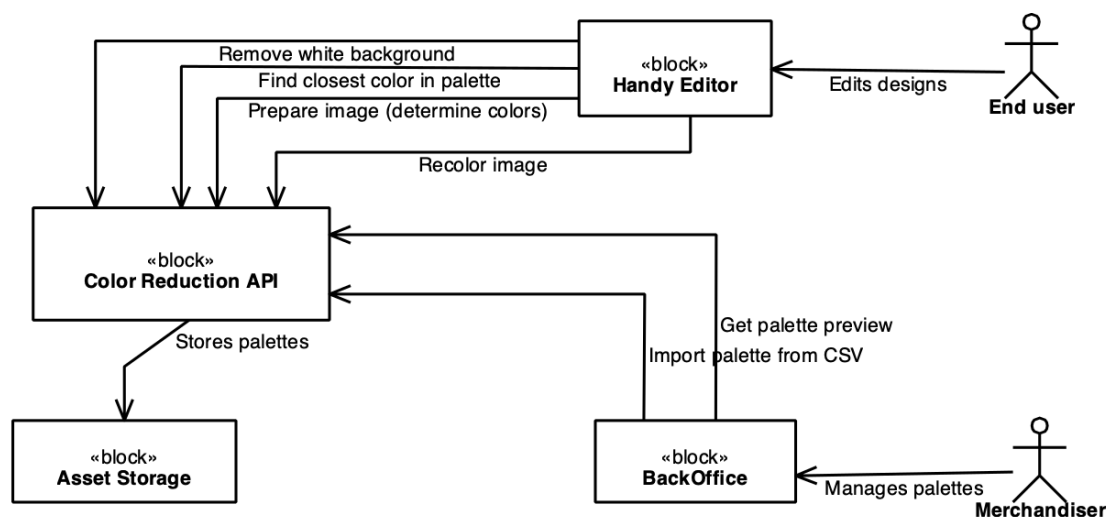


Рис. 3. Диаграмма контекста

Результаты

В ходе работы удалось успешно реализовать механизм извлечения цветовой палитры изображения и редуцирования количества цветов. На рисунке 4 представлен результат обработки логотипа, загруженного в формате JPEG, в котором около 30000 «грязных цветов». Алгоритм корректно выделил ключевые цвета, сократив их количество до допустимого, что позволяет использовать изображение для печати с ограниченной цветовой палитрой.

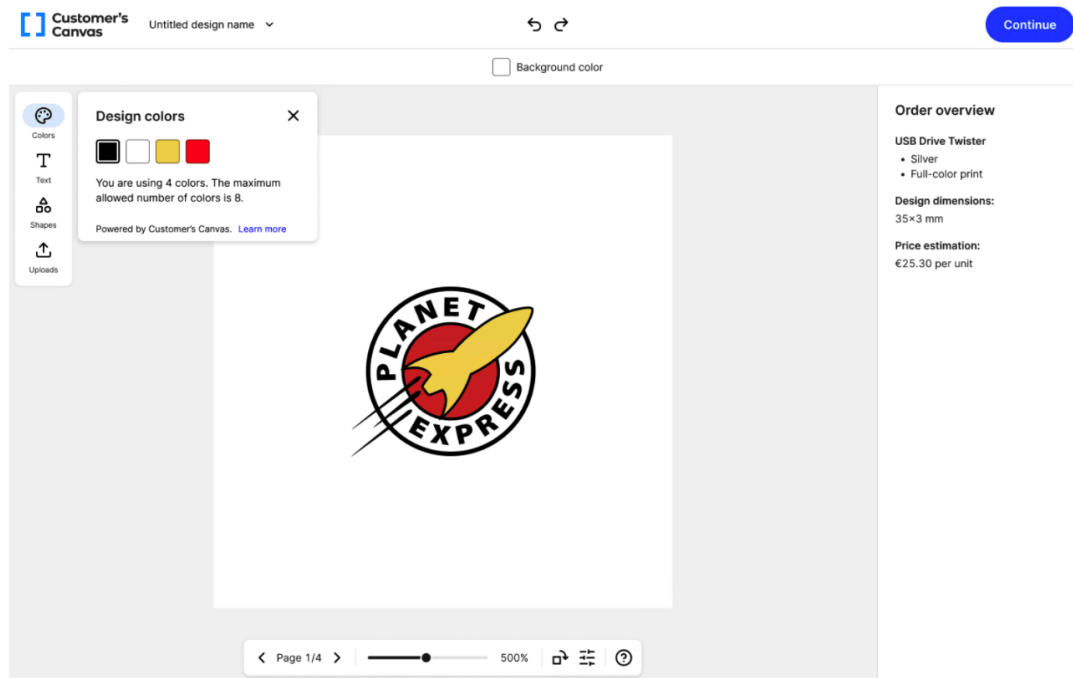


Рис. 4. Демонстрация результатов поиска цветов для логотипа

Кроме того, метод позволил выявлять полноцветные изображения, содержащие слишком большое количество оттенков, что делает их неподходящими для печати с ограниченной палитрой. На рисунке 5 показан пример обработки такого изображения: система корректно распознала его как полноцветное и указала на несоответствие требованиям.

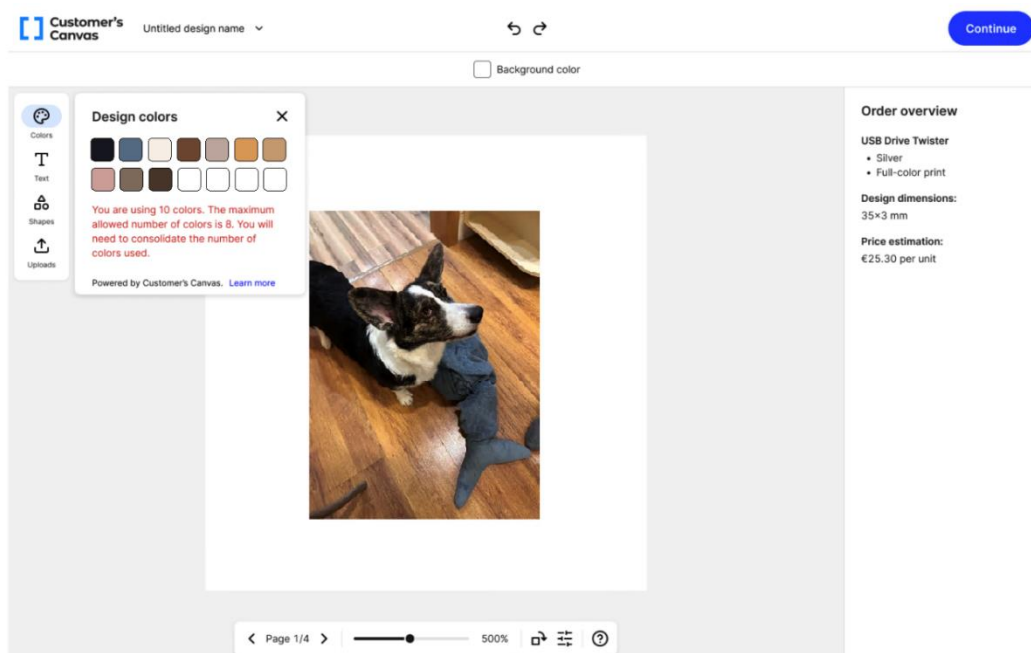


Рис. 5. Демонстрация результатов поиска цветов для полноцветного изображения

Таким образом, предложенный метод успешно решает две ключевые задачи:

1. Определение пригодности изображения для печати с ограниченной палитрой.
2. Оптимизация цветового пространства за счёт сокращения количества цветов, что помогает устранить возможные артефакты сжатия и повысить качество итогового изображения.

Заключение

Результатом работы является программная реализация описанного алгоритма для снижения цветности изображения и его обработки для дальнейшей печати со строгим ограничением цветов. В настоящий момент данный функционал появился в предрелизной версии Customer's Canvas. В open source библиотеках подобных комбинаций алгоритмов нет, известных проприетарных реализаций, предоставляющих такую функциональность также не обнаружено. Разработанный метод позволяет автоматически анализировать и адаптировать изображения для технологий печати с ограниченной палитрой. Он сочетает Median Cut для предварительного квантования и DBSCAN для автоматического определения цветовых групп, что делает процесс точным и эффективным. Это решение помогает минимизировать ручную обработку изображений, снижая вероятность ошибок и повышая скорость подготовки к печати.

Список использованных источников

1. Aurigma // Компания Aurigma: сайт. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: aurigma.com (дата обращения: 24.03.2025).
2. Customer's Canvas // Web-to-print editor: сайт. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: customerscanvas.com/ (дата обращения: 23.03.2025).
3. Median cut // Article about algorithm: сайт. 2025. [Электронный ресурс]. – URL: en.wikipedia.org/wiki/Median_cut (дата обращения: 25.03.2025).
4. Octree // Article about algorithm: сайт. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: en.wikipedia.org/wiki/Octree (дата обращения: 25.03.2025).
5. DBSCAN // Статья об алгоритме: сайт. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/DBSCAN (дата обращения: 25.03.2025).
6. Интересные алгоритмы кластеризации, часть вторая: DBSCAN // Цикл статей об алгоритмах кластеризации: сайт. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: habr.com/ru/articles/322034/ (дата обращения: 20.03.2025).