

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Математико-механический факультет

Кафедра системного программирования

# Замена цвета выбранного элемента одежды в видеопотоке

Курсовая работа

Научный руководитель

Исполнитель

аспирант кафедры СП Жуков Н.Н.

студент группы 345 Григорьев А.В.

Санкт-Петербург — 2011

# Оглавление

Введение.....	3
Определение границ элемента одежды.....	4
Заливка выделенной области.....	6
Обход выделенной области.....	6
Замена цвета.....	7
Цветовая окрестность.....	7
Правило замены цвета.....	8
Заключение.....	11
Список литературы.....	12

## **Введение**

Тема данной курсовой работы тесно связана с таким набирающим сейчас обороты направлением как дополненная реальность. Эта популярность вызвана прежде всего доступностью для широкого круга пользователей цифровой фото- и видеотехники, а также растущей производительностью персональных компьютеров, что позволяет обрабатывать на них большие объёмы медиainформации в режиме реального времени.

Поставленную задачу кратко можно сформулировать так: есть входной поток кадров, на которых запечатлён одетый человек. На этих кадрах нужно подменить цвет выбранного элемента одежды.

Следует выделить два основных этапа обработки кадра: определение границ элемента одежды и заливка новым цветом внутри данной области с учётом светотеневой структуры.

Обе задачи являются алгоритмически интересными и будут рассмотрены в данной работе.

## Определение границ элемента одежды

Определение границ обрабатываемого элемента одежды является важным этапом процесса замены в том случае, если заменяемый цвет или его близкие оттенки встречаются в кадре ещё где-нибудь кроме частей данного элемента.

Действительно, в противном случае второго этапа (этапа заливки) вполне недостаточно, потому что замена цвета происходит только в некоторой цветовой окрестности (об этом будет рассказано далее).

В ходе работы рассматривались различные способы определения границ на обрабатываемом кадре, включенные в библиотеку компьютерного зрения OpenCV. Результаты работы алгоритмов поиска границ Suzuki-Abe [2] и Canny [3] с подобранными вручную пороговыми значениями представлены на рис. 1.

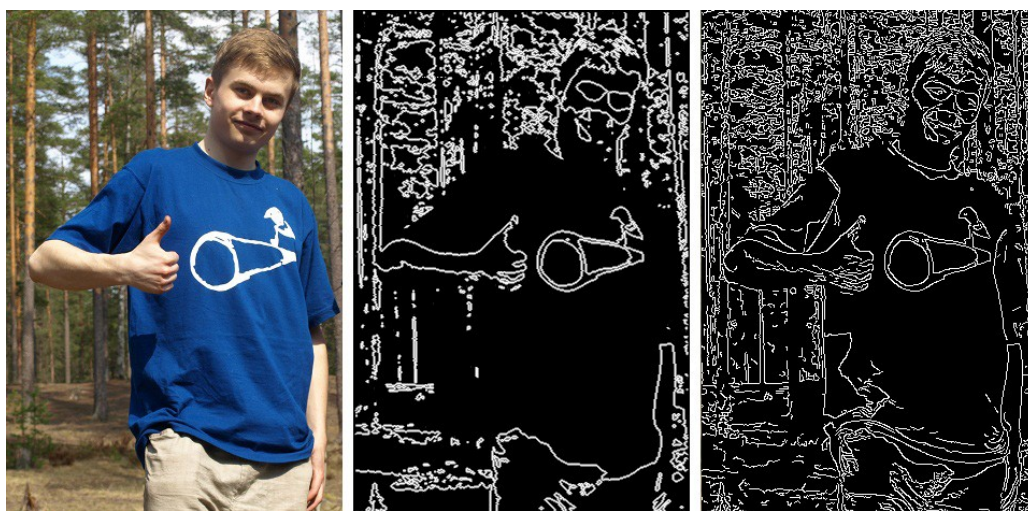


Рис. 1. Исходное изображение, результат работы Suzuki-Abe и Canny (слева направо).

Несмотря на явное идейное преимущество первого алгоритма (он находит замкнутые контуры), заметно, что на тестовом изображении он не определил границ синей футболки. Однако другие части изображения были отделены

от элементов одежды, т.е. со своей задачей предотвратить заливку этих областей он справился.

Второй алгоритм (Canny) не объединяет найденные границы в замкнутые контуры, что является его недостатком, однако если искомый элемент имеет контрастные края, то он скорее всего будет правильно отделён от остальных частей изображения.

## Заливка выделенной области

Как было сказано выше, заливка выделенной области является вторым этапом процесса подмены цвета. Здесь необходимо ответить на два вопроса: каким образом совершить обход пикселей в выделенной области и как определить замену для данного цвета.

### *Обход выделенной области*

Общая схема обхода такова: есть стартовый пиксель внутри области, начиная с которого запускается процесс обхода, распространяясь до границ области.

Тривиальный рекурсивный метод, при котором обход продолжается от соседних по сторонам пикселей, вызвал переполнение стека. Далее была испробована его модификация, при которой заливка идёт не попиксельно, а по горизонтальным линиям (см. рис. 2).



Рис. 2. Процесс заливки ограниченной области по горизонтальным линиям.

Однако, здесь рекурсия также вызвала переполнение стека. Поэтому было принято решение реализовать для её устранения BFS. Рассмотрим следующий мультиграф: в качестве вершин — горизонтальные отрезки с концами на границе области, а рёбра проведем, соединяя расположенные друг над другом внутренние пиксели области (см. рис. 3).

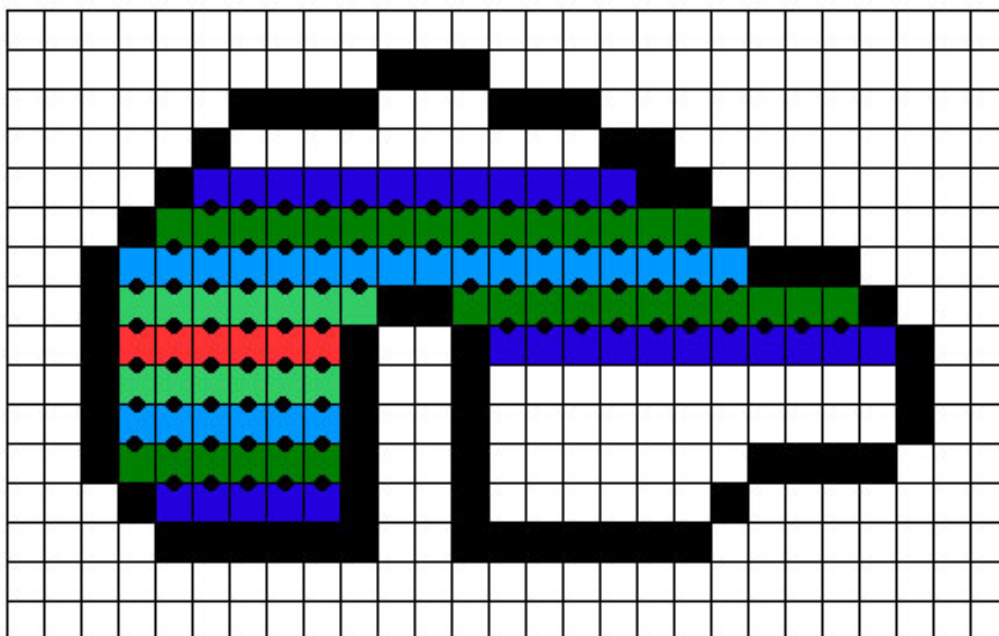


Рис. 3. Чёрными кружками отмечены рёбра. Закрашенными линиями — вершины.

На каждом шаге обхода в ширину данного графа заливается очередной отрезок (вершина), а в очередь помещаются «соседние» с ним отрезки, т.е. связанные с ним хотя бы одним ребром.

### ***Замена цвета***

Для замены определяются два основных цвета: базовый и итоговый. Замена происходит по следующему правилу: для всех пикселей, цвет которых попадает в некоторую окрестность базового цвета, производится замена на новый цвет в некоторой окрестности итогового, при условии, что базовый должен переходить в итоговый при данном отображении.

### **Цветовая окрестность**

Чтобы определить цветовую окрестность, рассмотрим цветовое пространство HSV: Hue (тон), Saturation (насыщенность), Value (значение цвета, аналог яркости). Тон принимает значения от 0 до 360, причём нулевое совпадает с максимальным (см. рис. 4). Насыщенность и значение цвета градуированы по

шкале от 0 до 100.

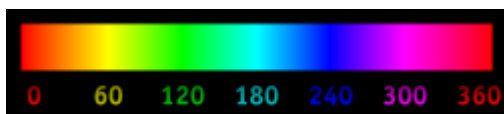


Рис. 4. Шкала оттенков — Hue.

Таким образом, отступая по каждой из координат определённое значение, мы получаем цветовую окрестность данного цвета  $V_{HSV}(\Delta hue, \Delta saturation, \Delta value)$ . Например, на рис. 5 изображена цветовая окрестность  $V_{HSV(0,70,80)}(12, 12, 12)$  в пространстве HSV и три окрестности в пространстве RGB:  $V_{RGB(204,61,61)}(12i, 12i, 12i), i \in 1..3$ , заданные вокруг одного и того же центрального цвета. Заметно, что при использовании пространства HSV получаются более близкие цвета по тону и более широкий разброс по яркости и насыщенности, чем при использовании пространства RGB.

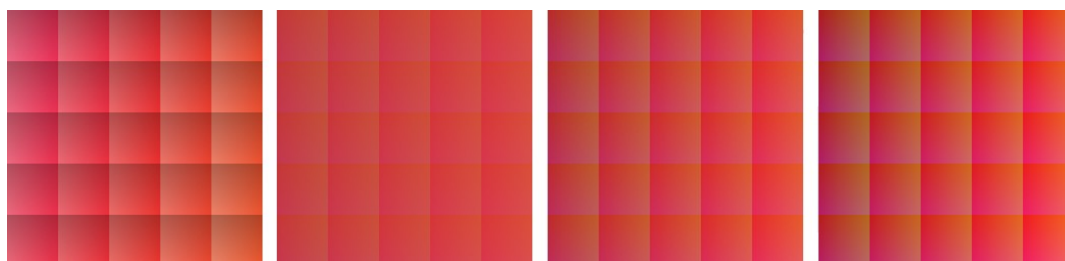


Рис. 5. Цветовые окрестности: слева направо — HSV и три RGB.

### Правило замены цвета

Как уже было описано выше, правило замены определяется двумя параметрами: базовым и итоговым цветами, — первый должен перейти во второй после проведения замены.

В ходе анализа задачи было определено ещё одно требование к правилу замены: после его применения на одежде должны сохраниться тени. За эту характеристику цвета в рассматриваемом пространстве HSV отвечают координаты по осям Saturation-Value (Насыщенность-Яркость).



Из-за цикличности тона его замену было решено производить по следующей формуле:  $H_{\text{новый}} = (H_{\text{старый}} - H_{\text{базовый}} + H_{\text{итоговый}}) \bmod 360$ , т.о. новый тон сдвинут относительно итогового на столько же, насколько старый тон сдвинут относительно базового.

Как уже было сказано выше, значения насыщенности и яркости цвета лежат на отрезке от 0 до 100. Было испробовано два правила преобразования этих параметров цвета: линейная и степенная.

В линейной значение изменяется пропорционально отношению итогового и базового значений. В степенной подбирается такой показатель степени, чтобы базовое переходило в итоговое, при этом 0 переходит в 0, а 100 в 100. На рис. 6 изображены примеры применения разных правил замены, а на рис. 7 представлены графики соответствующих замен для насыщенности и яркости.

Формулы, по которым происходит замена насыщенности и яркости в линейном и степенном правиле замены:

$$S_{\text{новая, линейная}} = \min\left(100, \frac{S_{\text{старая}} \cdot S_{\text{итоговая}}}{S_{\text{базовая}}}\right)$$

$$S_{\text{новая, степенная}} = S_{\text{старая}}^{\frac{\log(S_{\text{итоговая}})}{\log(S_{\text{исходная}})}}$$

Каждое из представленных правил имеет свои недостатки. Линейная переводит в 100 все достаточно большие значения при отношении итогового и исходного более 1, таким образом стирая бывшие между ними различия. Степенная даёт слишком резкий скачок при близком к нулю базовом или итоговом значении.



Рис. 6. Исходное изображение, степенная и линейная замены (слева направо).

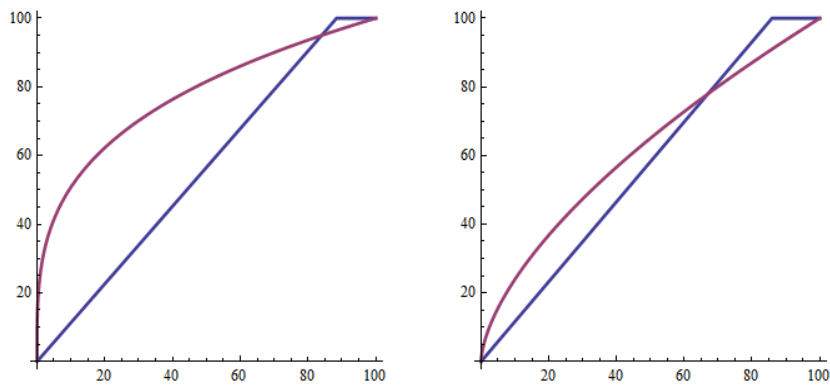


Рис. 7. Графики замен насыщенности и яркости для примера с рис. 5. Синий — линейное правило, фиолетовый — степенное правило.

## Заключение

В ходе работы были рассмотрены различные алгоритмы компьютерного зрения, направленные на нахождение границ в исходном изображении, изучены различные способы заливки внутри найденных границ, подробным образом разобрана структура цветового пространства.

Итогом работы является прототип программы, позволяющий делать цветовую замену на отдельном кадре, а также набор вспомогательных средств, демонстрирующих те или иные описанные в работе алгоритмы.

Дальнейшее поле деятельности состоит из шагов к созданию полноценной программы, которая будет в режиме реального времени в видеопотоке делать замену цвета элемента одежды.

К этим шагам относятся ускорение работы алгоритмов поиска границ и заливки, возможная оптимизация их работы в виду относительной статичности поступающей видеoinформации, дальнейшее изучение существующих библиотек для работы с дополненной реальностью.

## Список литературы

1. G. Bradsky, A. Kaeler. Learning OpenCV. Computer vision with the OpenCV Library : O'Reilly Media. 2008
2. S. Suzuki and K. Abe. Topological structural analysis of digital binary images by border following, Computer Vision, Graphics and Image Processing 30.1985
3. J. Canny. A computational approach to edge detection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 8. 1986
4. Anton Treuenfels. An Efficient Flood Visit Algorithm. C/C++ Users Journal Volume 12, Number 8, August, 1994