

Статистическая цветокоррекция изображения

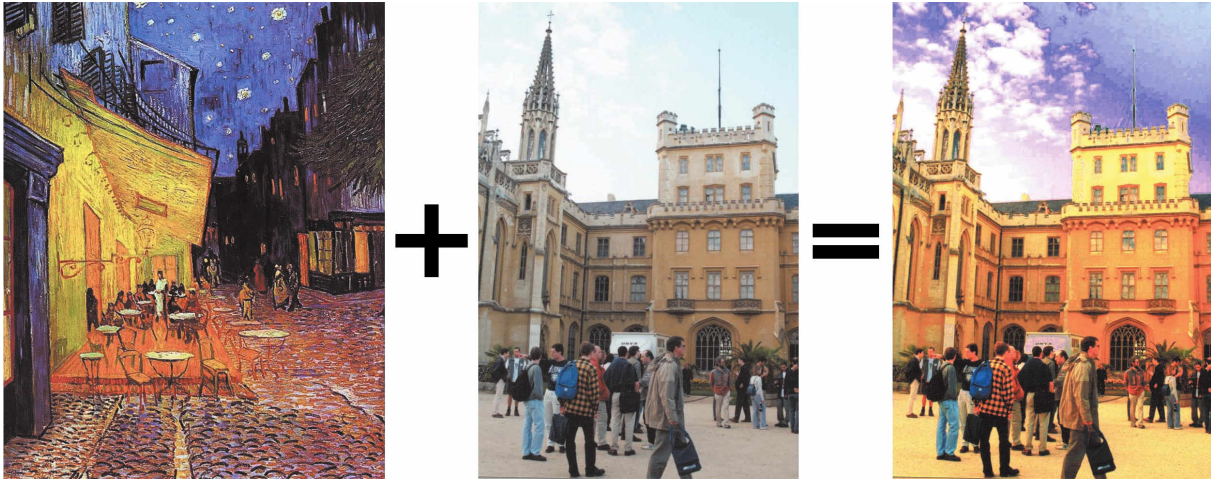
Андрей Гуськов, Влад Шахуро



Обзор задания

Цветокоррекция — это изменение цветов изображения, при котором результирующий цвет каждого пикселя вычисляется в соответствии с его исходным цветом и не зависит от соседних пикселей.

В данном задании предлагается реализовать алгоритм статистической цветокоррекции, предназначенный для перекрашивания изображения в цвета, свойственные другому изображению, без потери плавности цветовых переходов.



Описание задания (5 баллов)

На вход алгоритму подаются два изображения: «донор» цвета I_{src} и перекрашиваемое изображение I_{dst} . Результатом работы алгоритма является исходное изображение с измененными цветами $I_{colored}$.

Введем определения среднего значения $M(I)$ и дисперсии $D(I)$ одноканального изображения:

$$M(I) = \frac{\sum_{x,y} I(x,y)}{width \cdot height},$$

$$D(I) = \sqrt{\frac{\sum_{x,y} (I(x,y) - M(I))^2}{width \cdot height}}.$$

Процедура перекрашивания определяется формулой

$$I_{colored}(x,y) = M(I_{src}) + (I_{dst}(x,y) - M(I_{dst})) \cdot \frac{D(I_{src})}{D(I_{dst})}.$$

Данное преобразование приводит к сдвигу и растяжению гистограммы яркостей изображения I_{dst} таким образом, чтобы результирующее изображение имело статистические характеристики,

свойственные «донору». Если входные изображения являются многоканальными, то преобразование выполняется поканально.

Описанный алгоритм статистической цветокоррекции не подходит для изображений в цветовом пространстве RGB или CMYK ввиду сильной корреляции значений пикселя в разных каналах. Формально говоря, алгоритм будет давать приемлемые для человеческого глаза результаты, если цветовое пространство входных изображений удовлетворяет следующим требованиям:

1. Интуитивность — разделение яркостных и цветовых составляющих изображения на различные каналы.
2. Равномерность — при одинаковых изменениях численного значения цвета одинаково меняется и зрительное восприятие цвета.
3. Низкий уровень коррелированности каналов — малая вероятность появления артефактов при изменении значений одного канала.

Таким требованиям удовлетворяет цветовое пространство $l\alpha\beta$ (не путайте с CIELAB). Таким образом, сначала нужно перевести изображения в цветовое пространство $l\alpha\beta$, применить описанный алгоритм цветокоррекции, а затем перевести полученное изображение в цветовое пространство RGB. Опишем процедуру перехода из пространства RGB в пространство $l\alpha\beta$.

1. Пространство RGB переводится в промежуточное цветовое пространство LMS (long, medium, short), моделирующее чувствительность трёх типов колбочек глаза человека к волнам различных длин по формуле

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3811 & 0.5783 & 0.0402 \\ 0.1967 & 0.7244 & 0.0782 \\ 0.0241 & 0.1288 & 0.8444 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}.$$

2. Полученные значения логарифмируются для улучшения свойств цветового пространства (подробности можно посмотреть в статье Ruderman et al.):

$$L' = \ln L, \quad M' = \ln M, \quad S' = \ln S.$$

3. Значения $L'M'S'$ приводятся к $l\alpha\beta$:

$$\begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L' \\ M' \\ S' \end{bmatrix}.$$

Формулы для перевода из $l\alpha\beta$ в RGB выведите самостоятельно.

Интерфейс программы, данные и скрипт для тестирования

Необходимо реализовать функцию `statcorr`, принимающую на вход два изображения — «донор» и изображение для перекраски, и возвращающую перекрашенное изображение. Скрипт `statcorr_test` получает на вход файл с парами имён входных изображений и директорию для результатов, прогоняет на всех парах функцию `statcorr` и сохраняет результаты в директорию с именами, составленными из имён входов.

Полезные ресурсы

Цветовое пространство LMS.

Reinhard et al. Colour Transfer between Images — статья с алгоритмом цветокоррекции.

Ruderman et al. Statistics of cone responses to natural images: implications for visual coding — детальная статья про цветовое пространство $l\alpha\beta$.