

УДК 004.4

Метод цветовой калибровки изображений в задачах интеллектуального машинного зрения в цветовом пространстве HSV

А.Д. Кулакова^{1,2}, В.А. Галкин^{1,3}, А.В. Макаренко¹

¹Институт проблем управления РАН

²Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

³Московский физико-технический институт

(национальный исследовательский университет)

Современные инструменты фото и видео съёмки подвержены искажению цветопередачи. Каждая комбинация фотоаппарата, объектива и освещения создают уникальную передачу цвета. В связи с этим, возникает задача калибровки цвета, направленная на восстановление исходных значений цветовой композиции.

Цвет может быть представлен в различных цветовых пространствах, в зависимости от цели и средства его воспроизведения. Например, для воспроизведения изображения на экране чаще всего используется цветовое пространство RGB, а для печати – CMYK. В представленной работе для решения задачи калибровки цвета будет использована пространство HSV, которое наиболее близко к человеческой интерпретации цвета.

Методы цветовой коррекции базируются на использовании калибровочной мишени, представляющей из себя совокупность спектрально нейтральных плашек, цветовые характеристики которых априорно известны с высокой точностью.

Можно выделить две обоснованные группы методов: поиск функциональной зависимости между цветами с фотоснимка и эталонными, априорно известными цветами [1, 2]; сопоставление гистограмм распределений цветов [3, 4, 5]. В данной работе будут представлены модели, относящиеся к первой группе методов.

Исходные данные представляют из себя набор из 93 фотографий калибровочной мишени SpyderCheckr 48 [6], полученных в разных условиях цветопередачи. Целью работы является решение задачи цветокоррекции с помощью построения двух различных математических моделей в пространстве HSV, а также проведение сравнительного анализа этих моделей.

Математическая модель для первого алгоритма калибровки цвета это линейная регрессия 1-го порядка:

$$Y = w^T \cdot X. \quad (1)$$

В качестве функции потерь выбрана квадратичная:

$$\bar{w} = \min_w \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\langle w, x_i \rangle - y_i)^2 \right).$$

Математическая модель для второго алгоритма является полиномиальной регрессией:

$$\begin{aligned} H_Y &= \alpha_0 + \alpha_1 H_X \\ S_Y &= \gamma_0 + \gamma_1 S_X + \gamma_2 S_X^2 + \gamma_3 S_X^3 + \gamma_4 S_X^4 + \gamma_5 V_X \\ V_Y &= \beta_0 + \beta_1 V_X \end{aligned} \quad (2)$$

В результате анализа особенностей цветового пространства HSV, а также графиков облаков точек зависимости значений между исходными и эталонными цветами плашек калибровочной мишени Рис.1 и Рис.2 были получены: вид приведённых уравнений (2), а также методов их решения – для решения уравнения H_Y системы (2) выбран метод RANSAC [7], который является устойчивыми к аномальным выбросам, возникающим в силу особенностей цветового пространства HSV.

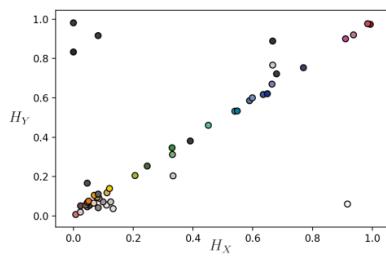


Рис.1. Зависимость $H_Y = f(H_X)$

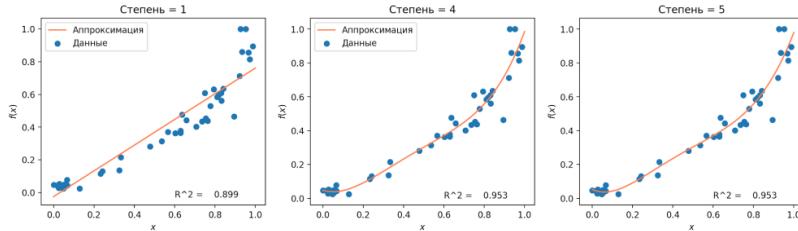


Рис.2. Аппроксимация $S_Y = f(S_x)$ полиномиальной регрессией различных степеней

Был проведен сравнительный анализ упомянутых алгоритмов с использованием L_1 метрики по каждому цветовому каналу.

Канал	До коррекции	Модель (1)	Модель (2)
H	0,096	0,051	0,032
S	0,114	0,071	0,045
V	0,124	0,072	0,025

Таблица 1. Сравнение моделей по отклонению цветов по L_1 метрике

По результатам, приведённым в Таблице 1, можно заметить, что обе модели в той или иной степени успешно решают поставленную задачу, причём лучшие результаты показывает алгоритм с нелинейной математической моделью (2). Стоит отметить, что даже небольшие отклонения по цветовому тону (компонент H) в результате дают сильно отличающийся от исходного цвет. Модель (2) за счет вида уравнений и метода решения показывает существенно лучшие результаты как статистически, так и визуально.

Литература

1. Gatta C., Rizzi A., Marini D. Local linear LUT method for spatial colour-correction algorithm speed-up // IEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing. – 2006. – Т.153. – № 3. – С. 357-363.
2. Fang F. [et. al.], Colour Correction Toolbox, In Proc. 13th AIC Cong., PP.13-18 (2017).
3. Fecker U., Barkowsky M., Kaup A. Time-constant histogram matching for colour compensation of multi-view video sequences// Proc. 26th Picture Coding Symp. – 2007.
4. Niu H., Lu Q., Wang C. Color correction based on histogram matching and polynomial regression for image stitching // 2018 IEEE 3rd International Conference in Image,
5. Titan G.Y. [et. al.] Color correction for panoramic imaging//Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation. – IEEE, 2002. – С. 483-488
6. <https://www.datacolor.com/photography-design/product-overview/spydercheckr-family/> (дата обращения: 15.08.2021)
7. Fischler M., Bolles R. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography// Comm. Of the ACM: journal.—1981.—June (vol. 24).—P. 381—395.