

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ КОРРЕКЦИИ ЦВЕТОВЫХ СДВИГОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Верещагин В.

Московский политехнический университет

Abstract

Methods of accuracy evaluation of automatic color cast correction algorithms are reviewed. Author analyzed the most common method, which is to calculate the chromaticity of color cast and compare it with the chromaticity measurement of achromatic objects on established image datasets. Author proposes new method for accuracy evaluation — colorist prepares reference images and comparison is carried out by calculating color difference between the pixels of the reference image and image processed by algorithm. New method allowed to consider the peculiarities of human color perception.

Key words: *color constancy, white balance, color cast, image correction*

Введение

Перед воспроизведением изображений на цифровом или бумажном носителе проводятся различные коррекции, чтобы добиться соответствия технологическим требованиям и художественному замыслу. Одна из причин проведения коррекций это наличие цветового сдвига изображения — нежелательного окраса определенного цвета, затрагивающего равномерно все изображение или его часть. Основной причиной цветового сдвига является отсутствие механизмов хроматической адаптации (цветопостоянство) в устройствах регистрации изображений. Для решения этой проблемы в устройствах используется баланс белого, который по информации, полученной с регистрирующей среды, оценивает характеристику освещения — коррелированную цветовую температуру и управляет яркостями основных цветов RGB, добивается соответствия цветовой гаммы изображения объекта цветовой гамме объекта съёмки [1]. Но характеристика освещения не всегда определяется верно. Особенно это заметно в случаях нескольких источников излучения с разными спектральными характеристиками.

Для устранения цветовых сдвигов, в том числе и по причине ошибки баланса белого, разработаны различные автоматические алгоритмы коррекции. По принципам работы они делятся на группы [2, 3]:

1. основанные на статистических характеристиках изображений;
2. использующие машинное обучение;
3. комбинирующие несколько алгоритмов.

И также разработаны методы оценки точности работы данных алгоритмов для возможности их сравнения:

4. расчет насыщенности ахроматических полей тест-объекта [4];
5. расчет ахроматичности ахроматических полей тест-объекта [5, 6];
6. экспертное ранжирование[7];
7. расчет цветовых отличий между эталоном и скорректированным изображением [8];
8. расчет угловой ошибки цветового тона источника излучения [2, 7-12].

Наиболее распространенным методом оценки точности является пятый метод. Он используется и на сайте Color Constancy (Research Website on Illuminant Estimation), где представлены популярные наборы изображений для тестирования алгоритмов коррекции и приведены оценки точности работы.

Существующие методы обладают недостатками. Все методы требуют наличия в кадре тест-объекта с ахроматическими полями. Положение тест-объекта в пространстве относительно камеры и источника излучения влияет на расчет цветового тона этого источника излучения. В статье [13] показано, что при проведении измерений на сферическом ахроматическом тест-объекте наблюдаются сильные отклонения при определении коррелированной цветовой температуры. Измерения на одном тест-объекте могут различаться на 1000-2000К. На тест-объектах в разных точках пространства фотографируемой сцены расхождения могут быть больше.

Указанные методы не позволяют учитывать влияние визуального восприятия изображений, получаемых в результате коррекции. Хотя изображения подготавливаются для дальнейшего восприятия именно человеком. Четвертый метод рассчитывает цветовое отличие, что позволяет учесть визуальное восприятие, но оно проводится с изображениями, которые скорректированы на основе измеренного цветового тона источника излучения по тест-объекту и нет данных, насколько естественно выглядят эти изображения.

Метод расчета угловой ошибки цветового тона источника излучения не подходит для оценки алгоритмов, которые не предполагают определение цветового тона источника излучения, как например алгоритмы, встроенные в программы обработки изображений.

Так же изображения с тест-объектом из стандартных наборов, не подходят для экспертной оценки, так как тест-объекты искажают восприятие, находясь в поле зрения, как при их маскировании так и без. Поэтому предлагается разработка нового набора эталонных изображений и методики оценки алгоритмов коррекции.

Набор эталонных изображений

Для формирования нового набора эталонных изображений взято 30 фотографий естественных сцен: 15 произвольных фотографий и 15 из набора Cube+ [14]. Из них 8 изображений получены в помещении, 22 вне. Включено 3 фотографии людей, так как зрение человека чувствительно к цветам кожи [15].

Фотографии кадрированы и приведены к единым размерам 10×15 см 300 dpi. Фотографии из набора Cube+ кадрированы таким образом, чтобы исключить тест-объект SpyderCube. Полученные изображения являются исходными.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема получения эталонного изображения из исходного. Исходные изображения корректировались 3 операторами цветокоррекции. Им была поставлена задача провести коррекцию контраста, устранить цветовой сдвиг и добиться наиболее естественной передачи цветов для воспроизведения на дисплее. Из корректированных изображений сформированы наборы для проведения экспертного опроса. В набор входит 4 изображения: 1 исходное и 3 после коррекции оператором.

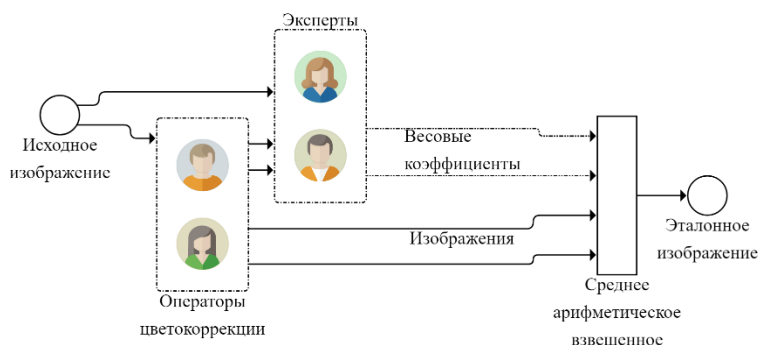


Рис. 1: Схема получения эталонного изображения из исходного

Для экспертного опроса изображения выводились целым набором, чтобы зрение не адаптировалось к какому-либо одному варианту изображения (рис. 2). Расположение изображений в наборе менялось, чтобы усложнить распознавание исходного изображения. Мониторы, на которых проводились коррекция операторами и экспертная оценка, калиброваны и профилированы, оценка проводилась в стандартных условиях по ISO 3664:2009.



Рис. 2: Пример демонстрации набора изображений для эксперта

Перед экспертами стояла задача выбрать 1 изображение из 4, которое воспринимается наиболее естественно, без каких-либо цветовых сдвигов. В результате получены весовые коэффициенты равные доле экспертов, выбравших конкретное изображение из набора, от общего числа экспертов. Для получения эталонных изображений рассчитаны средние арифметические взвешенные координаты цветов каждого пикселя с использованием весовых коэффициентов. На рисунке 3 представлен пример исходного изображения и эталонного.



Рис. 3: Пример исходного изображения (а) и эталонного (б)

При обработке результатов экспертной оценки выявлена корреляция между величиной среднего цветового отличия исходного изображения от скорректированного и стандартным отклонением весовых коэффициентов (рис. 4). Чем сильнее исходное изображение подвергается коррекции, тем проще экспертам выбрать какой-то один вариант.

Таким образом получен набор эталонных изображений, с которым можно проводить сопоставление изображений после автоматической коррекции цветовых сдвигов по предлагаемой ниже методике.

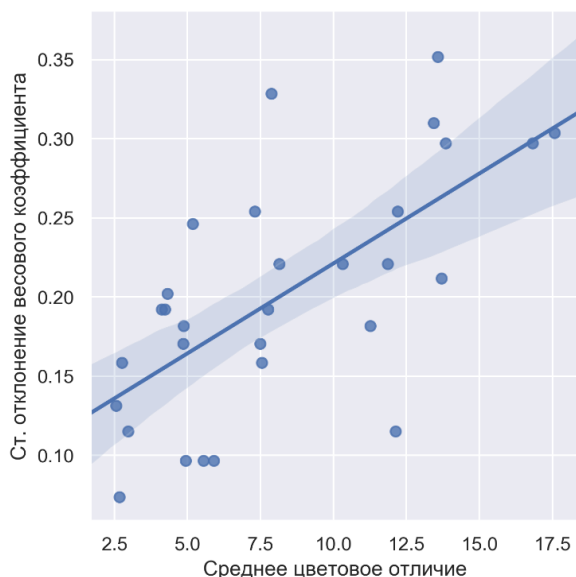


Рис. 4: Корреляция между средней величиной цветового отличия между исходным и скорректированным изображением и стандартным отклонением весового коэффициента с доверительным интервалом 95%

Методика оценки точности автоматических алгоритмов коррекции цветовых сдвигов изображений

Для проведения оценки точности работы алгоритмов коррекции цветовых сдвигов изображений необходимо провести:

1. коррекцию исходного изображения автоматическим алгоритмом;
2. расчет цветового отличия между скорректированным изображением и эталонным и его стандартного отклонения;

3. оценку полученных результатов и сопоставление с другими алгоритмами.

Цветовые отличия рассчитываются по формуле ΔE_{94} , так как она точнее учитывает особенности визуального восприятия, чем ΔE_{76} и рассчитывается проще, чем ΔE_{2000} [16].

В таблице 1 приведены результаты сравнения алгоритмов Auto Color в Photoshop, Auto White Balance с автоматической градационной коррекцией в модуле Camera Raw Filter в Photoshop и алгоритм «Серый мир» (*Gray World*) для всего набора эталонных изображений.

Таблица 1. Результаты сравнения точности работы алгоритмов коррекции цветовых сдвигов изображений

Алгоритм	ΔE	σ
Auto Color	6,45	2,84
Camera Raw	9,17	3,42
Gray World	10,42	4,98

По полученным данным наилучшим образом работает алгоритм Auto Color в Photoshop. Auto White Balance с автоматической градационной коррекцией в модуле Camera Raw Filter показал результат хуже, так как градационная коррекция в нем подчеркивает детали в высоких светах и глубоких тенях. Алгоритм Gray World дает худший результат, но он включен в рассмотрение как базовый алгоритм коррекции цветового сдвига.

Заключение

Предложен новый метод оценки точности работы автоматических алгоритмов коррекции цветовых сдвигов изображений с учетом зрительного восприятия, который заключается в использовании предложенного набора из 30 эталонных изображений, полученных усреднением. Набор может в будущем дополняться. Метод позволил оценить работу трех алгоритмов и выявить наилучший — Auto Color в Photoshop. Количество оцениваемых алгоритмов планируется расширять и использовать предложенную методику для оценки новых алгоритмов автоматической коррекции цветовых сдвигов изображений.

Литература

1. Lee, H. *Introduction to Color Imaging Science*. Cambridge University Press, 2005. ISBN 0-521-84388-X.
2. Cheng, D.; Price, B.; Cohen, S.; Brown, M.S. *Effective Learning-Based Illuminant Estimation Using Simple Features*. The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), June 7-12, 2015. ISBN: 978-1-4673-6964-0.
3. Bianco, S.; Gasparini, F.; Schettini, R. Combining strategies for white balance, *Proc. SPIE*, Digital Photography III, 2007, vol. 6502. DOI: 10.1117/12.705190.
4. Wang, S.; Zhang, Y.; Deng, P.; Zhou, F. *Fast Automatic White Balancing Method by Color Histogram Stretching*. 4th International Congress on Image and Signal Processing, October 15-17, 2011. ISBN: 978-1-4244-9306-7.
5. Zapryanov, G. *Automatic White Balance Algorithms – a New Methodology for Objective Evaluation*. International Scientific Conference Computer Science, Durrës, Albania, September 08-10, 2015. ISBN: 978-619-167-177-9.
6. Jo, J.; Im, J.; Jang, J.; Yoo, Y.; Paik, J. Adaptive White Point Extraction based on Dark Channel Prior for Automatic White Balance *IEIE Transactions on Smart Processing and Computing*, 2016, vol. 5, no. 6, p. 383-389. DOI: 10.5573/IEIESPC.2016.5.6.383.
7. Hussain, M.A.; Akbari, A.S. Color Constancy Adjustment Using Sub-Blocks of the Image *IEEE Access*, 2018, vol. 6, p. 46617 – 46629. ISSN: 2169-3536.
8. Thai, B.; Deng, G.; Ross, R. A fast white balance algorithm based on pixel greyiness *Signal, Image and Video Processing*, 2017, vol. 11, issue 3, p. 525–532. ISSN 1863-1711.
9. Barron, J.T. Convolutional Color Constancy *arXiv preprint*, 2015. arXiv:1507.00410.
10. Yang, K.; Gao, S.; Li, Y. *Efficient Illuminant Estimation for Color Constancy Using Grey Pixels* The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), June 7-12, 2015. ISBN: 978-1-4673-6964-0.
11. Gao, S.; Yang, K.; Li, C.; Li, Y. Color Constancy Using Double-Opponency *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2015, vol. 37, issue 10. ISSN: 1939-3539.
12. Banić, N.; Lončarić, S. Unsupervised learning for color constancy *arXiv preprint*, 2017. arXiv:1712.00436.

13. Nascimento, S.M.C.; Amano, K.; Foster, D.H. Spatial distributions of local illumination color in natural scenes *Vision Research*, 2016, vol. 120, p. 39-44. DOI: 10.1016/j.visres.2015.07.005.
14. Color constancy: The Cube+ dataset *University of Zagreb* (2019). URL: https://ipg.fer.hr/ipg/resources/color_constancy/
15. Гонсалес, Р.; Вудс Р. Цифровая обработка изображений М.: Техносфера, 2006. ISBN 5-94836-028-8.
16. Fairchild, M.D. *Color Appearance Models, 3rd Edition* Wiley, 2013. ISBN: 978-1-119-96703-3.