

УДК 004.932.2, 004.932.4, 004.925.5

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ЦВЕТОВОЙ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С МАЛОРАЗМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Сильвестрова О.В., инженер ОАО «Центр наукоемких технологий», e-mail: silvol@mail.ru.

COLOR CORRECTION METHODS EFFICIENCY EVALUATION FOR PANORAMIC IMAGES WITH SMALL-SIZE OBJECTS

Silvestrova O.V.

Color correction methods for panoramic images with small-size objects analysis implemented. Qualitative and quantitative efficiency assessment of color correction methods for tasks with small-size objects performed. Local color correction methods advantage shown.

Keywords: color correction, structural similarity, color similarity, local color correction, global color correction, parametric methods.

Ключевые слова: цветовая коррекция, структурное подобие, цветовое подобие, локальные методы цветовой коррекции, глобальные методы цветовой коррекции.

Введение

Одной из наиболее распространенных проблем в обработке панорамных изображений является различие в уровне интенсивности и цветности сшиваемых изображений, которое возникает вследствие разных уровней экспозиции (освещенности), разницы в углах зрения и др. Чаще всего эта проблема решается применением метода смешивания или метода компенсации в зоне перекрытия [1, 2]. Однако при задачах обнаружения, сопровождения малоразмерных объектов применение данных методов может привести к потерям объектов [3].

Методы цветовой коррекции

Предложенные в литературе методы цветовой коррекции можно разделить на параметрические подходы с привлечением моделей [4] и непараметрические подходы без использования моделей [5]. Обычно, параметрические подходы работают лучше их непараметрического оппонента [6]. Параметрические подходы основаны на работе [7], где для цветовой коррекции данного изображения (обозначенного как целевое изображение) была предложена простая статистическая структура, использующая цвета другого изображения (обозначенного как модель).

В целевом изображении I_t перенесенный цвет на пиксель C_t в цветовом пространстве lab выражается как:

$$g(C_t) = \mu_s + \frac{\sigma_s}{\sigma_t} (C_t - \mu_t), \quad (1)$$

где μ_s и μ_t – математические ожидания гауссовых распределений в цветовом пространстве lab соответственно исходного и целевого изображений, σ_s и σ_t соответствующие стандартные отклонения. Между осями в пространстве lab существует небольшая корреляция, которая позволяет применять различные операции в различных цветовых каналах с некоторой уверенностью, что не

Проведен анализ методов цветовой коррекции панорамных изображений с малоразмерными объектами. Выполнена сравнительная качественная и количественная оценка эффективности способов цветовой коррекции для работы с малоразмерными объектами. Показано преимущество локальных методов цветовой коррекции.

возникнет нежелательных межканальных артефактов. Кроме того, это цветовое пространство логарифмическое, что в первом приближении означает то, что равномерные изменения интенсивности в канале будут равным образом различимыми.

Другие более общие подходы глобального моделирования включают работы Tian с соавторами [8], которые используют для вычисления матрицы преобразования составление карты гистограммы в перекрывающейся области, и работу Zhang с соавторами [9], применяющими для вычисления матрицы преобразования карты «главных» областей, где главными областями обозначены области максимумов в гистограмме оттенков.

Однако очевидно, что вследствие различных отражающих свойств поверхностей и неравномерной освещенности глобальная статистика по всему изображению даст только грубое приближение всех функций цветового переноса. Глобальный перенос цвета не имеет адекватного пространственного рассмотрения, поэтому не может избежать двух следующих проблем. Первой проблемой является то, что если исходное или целевое изображение содержит разные цветовые области, то глобальный перенос не может отличить различную статистику и смешивает эти области. Второй проблемой является то, что если цвета двух изображений сильно отличаются, то в цветовом пространстве lab цветовые каналы становятся преувеличенными, что в результате приводит к неестественным и насыщенным (цветам).

Tai и др. [10] предложили локальную схему цветового переноса, основанную на вероятностной сегментации изображения и картированию областей с использованием моделей Гауссовского смешивания.

Продолжением исследований в данном направлении стала работа Oliveira [11], в которой был предложен но-



вый способ параметрической локальной цветовой коррекции. Первоначально вычисляются несколько функций передачи цвета из выходных данных алгоритма сдвига среднего математического ожидания цветовой сегментации. Затем вычисляются карты влияния цветов. Наконец, вклад каждой функции передачи цвета смешиваются с использованием весовых коэффициентов, полученных из карт влияния цветов.

Подобным образом Kim и Pollefeys [12] предложили схему максимизации подобия для устойчивого вычисления функции переноса яркости (ФПЯ) из двумерной объединенной гистограммы интенсивности двух перекрывающихся изображений. На практике метод применен к трем цветовым каналам, каждый канал имеет собственную ФПЯ. Для поиска устойчивого вычисления при условии обеспечения монотонности было применено динамическое программирование. Вычисленная ФПЯ далее использовалась для вычисления и устранения разницы в экспозиции и эффекта виньетирования в изображениях.

Таким образом, хотя в последнее десятилетие были предложены и широко используются различные технологии цветовой коррекции, сравнительной оценки эффек-

тивности этих способов для работы с малоразмерными объектами, насколько нам известно, не проводилось. Большинство авторов либо демонстрировали свои системы на нескольких ими самими выбранных примерах, либо сравнивали с очень простыми основными подходами. Для сравнительной оценки нами были выбраны как глобальные методы (метод №1 [7]), работающие в разных цветовых пространствах (метод №2 [13]), так и локальные методы (метод №3 [11], метод №4 [10]) использующие разные вероятностные характеристики также нами был исследован метод [14], основанный на тензорном голосовании, однако из-за низкой скорости вычислений он был исключен из дальнейшего рассмотрения. Для оценки результатов были созданы наборы изображений как синтетических с отличающимися яркостными характеристиками по границе +6, +8, +10, +12, так и естественные. Также в наборах изображения отличались по сюжету с различным процентным содержанием площади неба 75 %, 50 %, 30 %, 25 %. В наборах изображений присутствовали малоразмерные объекты (самолет) с разным размером по отношению к площади всего кадра. Пример пары изображений с процентным отношением неба 25 % представлен на рис. 1.



Рис. 1. Пример пары изображений с процентным отношением неба 25 %

Методика сравнительной оценки

Недавно предложенная теория оценки качества изображения [15] утверждает, что с точки зрения восприятия качество результирующего изображения с измененным цветом должно показывать как цветовую, так и структурную согласованность, поскольку цветовая коррекция может не только изменять цвет результирующего изображения, то также и его структуру. Базируясь на этой теории, рассмотрим критерии оценки качества цветовой коррекции исходного изображения s в первичное панорамное изображение t , что приводит к скорректированному изображению r . Предложенный критерий оценки включает два компонента: цветовое подобие $CS(r,s)$ между исходным изображением s и перенесенным изображением r , и структурное подобие $SS(r,t)$ между результирующим изображением t и перенесенным изображением r . Цветовое подобие $CS(r,s)$ определяется как:

$$CS(r,s) = PSNR(r_1,s_1), \quad (2)$$

где $PSNR = 20 \lg(L/RMS)$ пиковое отношение сигнал/шум, L – наибольшая возможная величина в динамическом диапазоне изображения, а RMS среднеквадратичная разница между двумя изображениями, r_1 и s_1 – перекрывающиеся области r и s соответственно. Структурное подобие $SS(r,t)$ определяется как:

$$SS(r,t) = SSIM(r,t), \quad (3)$$

где $SSIM(r;t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N SSIM(a_j, b_j)$ есть индекс структурного подобия, N это число локальных окон для изображения, a_j и b_j то есть содержание изображения в j -м локальном окне изображений r и t соответственно. В нашей работе мы использовали установки по умолчанию, рекомендованные в [15].

Результаты приведены в табл 1.

Оценка результатов

Разброс в данных цветового подобия CS объясняется тем, что вычисление CS построено на пиковом отношении сигнал/шум $PSNR$, которое основывается на сред-

неквадратичных ошибках, это значит, что в реальном ряду изображений существует больше отличий внутри пар и между парами. По сравнению с методом №1, который работает в некоррелированном $l\alpha\beta$ цветовом пространстве, метод № 2 работает в коррелированном цветовом пространстве RGB, что ведет к ухудшениям в эффективности цветовой коррекции. Методы № 3 и № 4 используют локальную пространственную информацию для управления передачей цвета, что ведет к выигрышу в эффективности цветовой коррекции. Метод № 3 показал наибольшее быстроедействие, однако, так как он использует алгоритм сдвига математического ожидания, который недостаточно чувствителен к регистрации малоразмерных объектов, то для работы с малоразмерными объектами он не может быть рекомендован. Исследования, проводимые для рядов изображений с разными по размерам, по отношению к площади всего кадра объектам, показали, что изменение размеров в пределах 0,25 %-0,1 % дает схожие результаты, поэтому в табл. 1. представлены результаты для фиксированного размера объекта (0,25 % от площади всего кадра). Наряду с перенесенными методами были проведены исследования метода [12], которые показали, что практически для всех сцен он демонстрирует неустойчивую работу (интересующий нас объект пропал), поэтому в таблице результатов метод [12] не представлен.

Заключение

Проведен качественный и количественный анализ методов цветовой коррекции панорамных изображений с малоразмерными объектами. Показано, что в целом локальные методы цветовой коррекции [10, 11] дают лучшие результаты. Метод № 3 [11] несмотря на большее быстроедействие не может быть рекомендован для сюжетов с малоразмерными объектами. Метод [14], использующий тензорный анализ не может использоваться в системах, требующих высокое быстроедействие. Метод ФПЯ [12] также работает неустойчиво для изображений с малоразмерными объектами. Таким образом, дальнейшим направлением работы должно быть создание параметрического локального метода цветовой коррекции.

Таблица 1. Сравнительная оценка цветового и структурного подобия методов по [15]

№ метода	1	2	3	4
Исходное изображение Небо 75 %	CS=21,372 SS=0,892	CS=20,547 SS=0,918	CS=24,775 SS=0,967	CS=22,322 SS=0,926
Измененное изображение Яркость +6	CS=20,526 SS=0,964	CS=20,311 SS=0,856	CS=25,772 SS=0,943	CS=24,542 SS=0,998
Измененное изображение Яркость +8	CS=20,785 SS=0,974	CS=20,869 SS=0,985	CS=21,334 SS=0,871	CS=20,825 SS=0,987
Измененное изображение Яркость +10	CS=21,328 SS=0,925	CS=23,345 SS=0,982	CS=21,255 SS=0,822	CS=20,568 SS=0,879
Измененное изображение Яркость +12	CS=22,778 SS=0,882	CS=20,632 SS=0,997	CS=24,689 SS=0,891	CS=29,854 SS=0,971
Естественное изображение Небо 50 %	CS=19,113 SS=0,715	CS=19,451 SS=0,984	CS=25,638 SS=0,883	CS=22,674 SS=0,844
Естественное изображение Небо 30 %	CS=18,375 SS=0,745	CS=18,391 SS=0,741	CS=29,215 SS=0,965	CS=28,224 SS=0,979
Естественное изображение Небо 25 %	CS=19,212 SS=0,882	CS=18,217 SS=0,956	CS=26,574 SS=0,824	CS=23,513 SS=0,983

Литература

1. M. Brown and D. G. Lowe. Recognizing panoramas. In Proc. ICCV'03, volume 2, pages 1218–1225, 2003.
2. M. Brown and D. G. Lowe. Automatic panoramic image stitching using invariant features. IJCV, 74(1):59–73, 2007.
3. Обидин Г.И., Сильвестрова О.В. Способы оценки эффективности цветовой коррекции в панорамных изображениях с малоразмерными объектами // Труды 20-й Всероссийской научно-технической конференции «Современное телевидение», Москва, ФГУП МКБ «Электрон», 2012.
4. Xiang, B. Zou, and H. Li. Selective color transfer with multi-source images. Pattern Recognition Letters, 30(7): 682–689, May 2009.
5. J. Yin and J.R. Cooperstock. Color correction methods with applications to digital projection environments. Journal of WSCG, vol. 12: 1–3, 2004.
6. W. Xu and J. Mulligan. Performance evaluation of color correction approaches for automatic multi-view image and video stitching. In IEEE Int. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Francisco, USA, 2010.
7. E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, and P. Shirley. Color transfer between images. IEEE Computer Graphics and Applications, 21(5):. 34–41, 2001.
8. G.Y. Tian, D. Gledhill, D. Taylor, and D. Clarke. Color correction for panoramic imaging. In Proc. 6th International Conference on Information Visualization, pages 483–488, 2002.
9. M. Zhang and N.D. Georganas. Fast color correction using principal regions mapping in different color spaces. Real-Time Imaging, 10(1):23–30, 2004.
10. Y.-W. Tai, J. Jia, and C.-K. Tang. Local color transfer via probabilistic segmentation by expectation-maximization. In Proc. CVPR'05, volume 1, pages 747–754, 2005.
11. Miguel Oliveira, Angel D. Sappa Unsupervised Local Color Correction for Coarsely Registered Images IEEE conference on Computer Vision and Pattern Recognition: 201–208, 2011
12. S.J. Kim and M. Pollefeys. Robust radiometric calibration and vignetting correction. IEEE TPAMI, 30(4):562–576 2008.
13. X. Xiao and L. Ma. Color transfer in correlated color space. In Proc. 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications, pages 305–309, 2006.
14. J. Jia and C.-K. Tang. Tensor voting for image correction by global and local intensity alignment. IEEE TPAMI, 27(1):36–50, 2005.
15. Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, and E.P. Simoncelli. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. IEEE Transactions on Image Processing 2004.

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в формировании тематических выпусков журнала «Цифровая обработка сигналов» и размещению рекламы продукции (услуг) Вашей организации на его страницах. В случае положительного решения просим представить в редакцию журнала Ваши предложения по плановому размещению информационных материалов и макет рекламы продукции (услуг) с указанием желаемого её месторасположения: обложка (2-я, 3-я или 4-я стр.), цветная внутренняя полоса (объем полосы).

Журнал «Цифровая обработка сигналов» издается с 1999 года. Выходит ежеквартально, тиражом – 700 экз. Распространяется по подписке через агентство «Роспечать» в России (индекс 82185), СНГ и странах Балтии (индекс 20630), а также на Конференции: «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA'».

Научно-технический журнал «Цифровая обработка сигналов» включен в Перечень изданий, рекомендуемый ВАК РФ для публикации результатов научных исследований соискателями ученой степени доктора и кандидата технических наук в области радиотехники, связи, вычислительной техники, электроники, приборостроения, информационных технологий, информационно-измерительных и управляющих систем. По предварительным итогам за 2014 год по рейтингу Science Index базы РИНЦ (3,394) журнал «Цифровая обработка сигналов» занимает 344-ю позицию из почти 3000 представленных изданий.

Планируемые сроки издания отдельных номеров журнала:

- № 1 – апрель 2016 г. Тематический выпуск: «ЦОС в информационно-измерительных и управляющих системах»;
- № 2 – июнь 2016 г. Тематический выпуск: «Теория и методы цифровой обработки сигналов» (по материалам международной научно-технической конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA' 2016»);
- № 3 – сентябрь 2016 г. Тематический выпуск: «Цифровая обработка изображений»;
- № 4 – декабрь 2016 г. Тематический выпуск: «ЦОС в радиотехнике и системах телекоммуникаций».

Ориентировочная стоимость рекламных услуг:

- 4-я (внешняя) страница цветной обложки – 25 тысяч рублей.
- 2-я и 3-я (внутренние) страницы цветной обложки – 15 тысяч рублей.
- 1/2 цветной внутренней полосы – 8 тысяч рублей.

Ждем Ваших предложений

С наилучшими пожеланиями, зам. главного редактора

д.т.н., профессор Витязев Владимир Викторович, телефон 8-903-834-81-81.

Предложения прошу направлять по адресу: E-mail: vityazev.v.v@rsreu.ru или info@dspa.ru