

Phương pháp hiệu chỉnh màu sắc cho nhiều máy ảnh

Color correction method for Multi-camera

Nguyễn Anh Nhật

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Duy Tân
Đà Nẵng, Việt Nam

nguyenanhnhathust@gmail.com

Nguyễn Lê Mai Duyên

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Duy Tân
Đà Nẵng, Việt Nam

maiduyennl@gmail.com

Tóm tắt - Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một phương pháp hiệu chỉnh màu sắc cho một hệ thống gồm nhiều camera. Vấn đề hiệu chỉnh màu sắc cho hệ thống nhiều camera được thực hiện bởi một hệ thống tuyến tính quá định. Trong đó việc định hình dải động được kết hợp để đảm bảo độ tương phản cao đối với các ảnh được chụp. Các camera được hiệu chỉnh với các thông số thu được bằng cách giải quyết hệ thống tuyến tính quá định. Đối với hệ thống camera phẳng chúng tôi sử dụng một bảng kiểm tra màu để tăng độ nhạy màu của máy ảnh. Dựa vào tính tổng quát của công thức hệ thống tuyến tính quá định kết hợp với bảng kiểm tra màu, phương pháp được đề xuất dựa trên kết quả thực nghiệm cho thấy tất cả các camera đạt được sự thống nhất về màu sắc và có độ tương phản cao.

Abstract - In this article, we propose a color correction method for a system consisting of multiple cameras. The color correction problem for multi-camera systems is set as an overdetermined linear system. The dynamic range shaping is combined to ensure high contrast for the captured images. The cameras are calibrated with the parameters obtained by solving the linear system. For flat camera systems we use a color checker to increase the color sensitivity of the camera. Given the generality of the linear system formula in conjunction with the color checklist, the proposed method is based on empirical results showing that all cameras achieve color consistency and contrast high.

Từ khóa— Color calibration, Multi-camera system, Color checker, Inter-camera color consistency, Dynamic range

1. GIỚI THIỆU

Các kỹ thuật hiển thị đa khung hình có nhiều ứng dụng khác nhau trong đồ họa máy tính và thị giác máy tính được chú ý trong vài thập kỷ qua [1,2]. Một số ứng dụng như biểu diễn và hiển thị cảnh 3D, hay là thiết kế giao diện người dùng để chụp toàn cảnh theo thời gian thực được thực hiện bởi một máy ảnh duy nhất từ nhiều góc độ khác nhau [3,4], điều này đảm bảo được tính nhất quán về màu sắc giữa các hình ảnh. Tuy nhiên, việc sử dụng một máy ảnh duy nhất gặp rất nhiều những hạn chế về mặt thu thập hình ảnh từ nhiều vị trí khác nhau. Với sự tiến bộ của công nghệ chúng ta có thể tạo ra các cảm biến hình ảnh và thu được hình ảnh chất lượng và có độ phân giải cao. Đồng thời chi phí và kích thước của cảm biến cũng giảm. Điều này đã dẫn đến một sự quan tâm nghiên cứu rộng rãi trong các kỹ thuật thu hình ảnh hoặc videos từ nhiều

máy ảnh. Ví dụ, Thực tế ảo (Virtualized Reality) [5] và phòng 3D (3D Room) [6] là hai mảng sử dụng nhiều camera có quy mô lớn cho mô hình cảnh động. Nghiên cứu về mảng phân bố trường ánh sáng của đại học MIT (MIT's distributed light field array) [7] bao gồm 64 máy ảnh quay lại đối tượng để hiển thị thời gian thực. Wilburn et al. [8] tại Đại học Stanford cũng xây dựng một mảng ánh sáng với 100 camera cho phép nội suy khung hình, hiệu suất hình ảnh cao và chụp ảnh khẩu độ tổng hợp. Li et al. [9] tại Đại học Tsinghua xây dựng một hệ thống mái vòm để chụp hình dạng và chuyển động của các đối tượng tùy ý bằng phương pháp âm thanh đa phương tiện đa biến và phương pháp biến dạng thể tích mà không cần sự trợ giúp của các điểm đánh dấu. De Aguiar et al. [10] tại MPI Informatik cũng xây dựng một hệ thống lấy mẫu của tám máy ảnh thưa thớt để chụp lại hình dạng và chuyển động của vật thể 3D.

Hình ảnh chất lượng cao từ nhiều máy ảnh yêu cầu phải nhất quán về màu sắc của máy ảnh. Tuy nhiên, trong các hệ thống nhiều camera, máy ảnh thường có các phản ứng màu không nhất quán, ngay cả khi chúng ở trong cùng một điều kiện chiếu sáng và sử dụng các cài đặt phần cứng giống nhau. Vedula et al. [11] chỉ ra giả thuyết cho phép nội suy khung hình nếu màu sắc của ảnh không phù hợp. Sự không nhất quán này chủ yếu là do sự thay đổi khẩu độ và cấu tạo, nhiễu điện, ... Do đó, hiệu chuẩn màu (hoặc quang phổ) là cần thiết để đảm bảo tính nhất quán màu của máy ảnh. Ngoài ra việc thu lại hình ảnh tĩnh và động được thực hiện ở nhiều máy ảnh đặt ở các góc độ khác nhau và chụp cùng một cảnh. Vì nhiều lý do khác nhau nên màu sắc của hình ảnh từ những máy ảnh này không nhất quán. Điều này tác động tiêu cực đến việc sử dụng hình ảnh khi thu được. Để nâng cao trải nghiệm hình ảnh do phương tiện truyền thông cung cấp cho người dùng được tốt hơn và đảm bảo được chất lượng màu sắc hình ảnh của chế độ đa khung hình, chúng tôi đề xuất một phương pháp hiệu chỉnh màu sắc cho hệ thống nhiều máy ảnh. Hiệu chỉnh màu cho hệ thống nhiều máy ảnh được thiết lập như một hệ thống tuyến tính quá định, trong đó mỗi máy ảnh sẽ cộng tác với máy ảnh khác để hiệu chỉnh. Ở bài báo này chúng tôi sử dụng hệ thống máy ảnh đồng phẳng kết hợp với bảng kiểm tra màu để tăng tính linh hoạt và thuận tiện cho việc thu hình ảnh của các máy ảnh. Phương pháp được đề xuất được đánh giá trên kết quả thực nghiệm.

Đóng góp của chúng tôi là đề xuất một phương pháp hiệu chỉnh màu sắc cho hệ thống nhiều máy ảnh và được thực hiện thành một hệ thống tuyến tính quá định. Kết hợp bộ kiểm tra màu để nâng cao tính linh hoạt của máy ảnh. Bằng cách tích

hợp phương pháp được đề xuất và bộ kiểm tra màu, chúng tôi thiết lập một khung hiệu chỉnh màu tự động cho hệ thống nhiều máy ảnh và không yêu cầu can thiệp của con người.

II. PHƯƠNG PHÁP HIỆU CHỈNH MÀU SẮC

Trong phần này, tôi xây dựng bài toán hiệu chỉnh màu sắc cho nhiều máy ảnh như một hệ thống tuyến tính quá định trước cho mỗi kênh màu để đạt được độ đồng nhất màu của máy ảnh. Hệ thống tuyến tính bao gồm hai hệ thống con: một là đảm bảo tính đồng nhất về màu sắc của nhiều camera và một là để đạt định hình phạm vi động cao của các hình ảnh được chụp. Giải pháp cho hệ thống tuyến tính là tập hợp các tham số được đưa vào máy ảnh để hiệu chỉnh màu.

▪ Đồng nhất màu sắc cho tất cả các máy ảnh

Giả sử chúng ta thu được M điểm tương ứng chung $E = \{e_m\}_{1 \leq m \leq M}$ của tất cả các máy ảnh. Mỗi điểm tương ứng chung e_m được biểu diễn dưới dạng $\{(\gamma_i, p_{\gamma_i}^m)\}_{1 \leq m \leq M}$, trong đó γ_i đại diện cho chỉ số máy ảnh liên quan, $p_{\gamma_i}^m$ là vị trí pixel của e_m trong ảnh γ_i , và N_m là số lượng máy ảnh liên kết trong điểm tương ứng e_m . Với điểm tương ứng chung cho tất cả các máy ảnh, vấn đề hiệu chỉnh màu sắc được hình thành như một hệ thống tuyến tính quá định bằng cách nhắm vào sự nhất quán về màu sắc của tất cả các điểm tương ứng chung này và phạm vi động cao của hình ảnh.

Phản ứng cảm biến của một máy ảnh có thể xấp xỉ bằng mô hình tuyến tính với độ lợi cộng hưởng g và độ lệch bù cộng b [5]. Mục tiêu của hiệu chỉnh màu sắc cho nhiều máy ảnh là tìm ra các thông số thích hợp, tức là g_n và b_n , $n \in \{1, 2, \dots, N\}$, để làm cho các phản ứng màu của tất cả các máy ảnh phải phù hợp. Nếu đáp ứng màu sắc của máy ảnh được hiệu chỉnh là đồng nhất, giá trị màu của điểm tương ứng chung e_m trong tất cả các máy ảnh liên quan sẽ bằng với giá trị trung bình của chúng sau khi hiệu chỉnh. Đối với điểm tương ứng chung e_m mỗi trong máy ảnh liên quan γ_i , ta có:

$$g_{\gamma_k} I_{\gamma_k}^m + b_{\gamma_k} = \frac{\sum_{\gamma_i \in \Gamma_m} (g_{\gamma_i} I_{\gamma_i}^m + b_{\gamma_i})}{N_m} \quad (1)$$

Trong đó, $\Gamma_m = \{\gamma_i\}_{1 \leq m \leq N_m}$ là tập hợp các chỉ số máy ảnh liên quan và $I_{\gamma_i}^m$ làm đại diện cho giá trị màu tại vị trí pixel $p_{\gamma_i}^m$ trong hình ảnh máy ảnh liên kết γ_i . Để tăng cường độ mạnh cho tiếng nhiều, tôi sử dụng giá trị trung bình của một cửa sổ nhỏ ở giữa là $p_{\gamma_i}^m$ thay vì một giá trị điểm ảnh đơn lẻ. Phương trình (1) được viết lại là:

$$\left(\frac{1}{N_m} - 1\right)(g_{\gamma_k} I_{\gamma_k}^m + b_{\gamma_k}) + \sum_{\substack{\gamma_i \in \Gamma_m \\ \gamma_i \neq \gamma_k}} \left(\frac{I_{\gamma_i}^m}{N_m} g_{\gamma_i} + \frac{1}{N_m} b_{\gamma_i}\right) = 0 \quad (2)$$

Phương trình tuyến tính (2) xây dựng trên yêu cầu nhất quán về màu sắc cho máy ảnh γ_k trong điểm tương ứng toàn cầu e_m . Tương tự như vậy thì các điểm tương đồng của máy ảnh liên quan khác cũng có phương trình tuyến tính tương ứng giữa chúng, tạo thành các phương trình tuyến tính đồng thời

được đưa ra trong phương trình (3), trong đó $\alpha_m := 1/N_m - 1$ và $\beta_m := 1/N_m$:

$$\begin{pmatrix} 0 & \cdots & \alpha_m I_{\gamma_1}^m & \alpha_m & \cdots & \beta_m I_{\gamma_1}^m & \beta_m & \cdots & \beta_m I_{\gamma_{N_m}}^m & \beta_m & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & \beta_m I_{\gamma_1}^m & \beta_m & \cdots & \alpha_m I_{\gamma_1}^m & \alpha_m & \cdots & \alpha_m I_{\gamma_{N_m}}^m & \beta_m & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & \beta_m I_{\gamma_1}^m & \beta_m & \cdots & \beta_m I_{\gamma_1}^m & \beta_m & \cdots & \beta_m I_{\gamma_{N_m}}^m & \alpha_m & \cdots & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} g_1 \\ b_1 \\ g_2 \\ b_2 \\ \vdots \\ g_N \\ b_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Phương trình (3) được biểu thị lại dưới dạng $A_m x = 0$. Để hợp nhất tất cả các phương trình của điểm tương ứng chung M , chúng ta được hệ thống tuyến tính sau:

$$(A_1^T A_2^T \cdots A_M^T)^T x = 0 \quad (4)$$

Trong đó, số phương trình $(\sum_{m=1}^M N_m)$ sẽ lớn hơn đáng kể so với số lượng các ảnh số $2N$, đối với hệ thống nhiều máy ảnh. Do đó, phương trình (4) trở thành hệ thống tuyến tính quá định.

▪ Định hình phạm vi động

Mặc dù hệ thống tuyến tính (4) cũng đã đảm bảo được rằng sự nhất quán về màu sắc của tất cả các máy ảnh sử dụng trong hệ thống. Để đảm bảo thêm về phạm vi động của màu sắc thích hợp cho các hình ảnh được chụp, một quy trình tạo phạm vi động của màu sắc được kết hợp vào hệ thống tuyến tính.

Thông thường, trên bộ kiểm tra màu có chứa màu trắng và đen, và các thang màu xám thay đổi dần dần. Nó có nghĩa là các điểm tương ứng chung được phát hiện chứa các mức đen và mức trắng. Để đảm bảo phạm vi động cao, màu sắc của điểm tương ứng chung trong ảnh được liên kết phải có màu của cấp độ màu đen hoặc màu trắng. Cụ thể, giá trị trung bình của các giá trị màu của mỗi điểm tương ứng chung trong tất cả các ảnh của máy ảnh liên quan được tính toán trước khi hiệu chỉnh. Sau đó, các giá trị trung bình cho tất cả các điểm tương ứng chung được sắp xếp theo thứ tự tăng dần. Cuối cùng, ta sẽ chọn tỷ lệ phần trăm đầu tiên và cuối cùng của điểm tương ứng chung đã được sắp xếp trước đó vào mức đen và mức trắng. Như vậy thì các kênh màu từ điểm tương ứng được chọn đó sẽ được đặt vào l_b và l_w . Giả sử, Λ_b và Λ_w là các mục được lập từ các điểm tương ứng chung chọn làm cấp độ đen và cấp độ trắng. Nếu một điểm tương ứng chung e_λ , $\lambda \in \Lambda_b$ được chọn làm cấp độ đen, thì tất cả các máy ảnh liên kết trong e_λ được chọn sẽ xuất ra l_b cho vị trí pixel tương ứng sau khi hiệu chỉnh. Mô tả được ràng buộc bằng công thức dưới đây:

$$\begin{pmatrix} 0 & \cdots & I_{\gamma_1}^\lambda & 1 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & I_{\gamma_1}^\lambda & 1 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & I_{\gamma_1}^\lambda & 1 & \cdots & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} g_1 \\ b_1 \\ g_2 \\ b_2 \\ \vdots \\ g_N \\ b_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_b \\ \vdots \\ l_b \\ \vdots \end{pmatrix} \quad (5)$$

Biểu thị cho phương trình (5) là $C_\lambda x = l_b$, trong đó l_b là $N_\lambda \times 1$ vector, tất cả các phần tử đều là l_b . Gộp tất cả các phương trình cho các điểm tương ứng chung đã chọn, chúng ta được phương trình mô tả cho mức đen (6a). Tương tự cho phương trình mô tả mức trắng (6b).

$$(C_1^T \cdots C_\lambda^T \cdots C_{|\Lambda_b|}^T)^T x = l_b \quad (6a)$$

$$(C_1^T \cdots C_\lambda^T \cdots C_{|\Lambda_w|}^T)^T x = l_w \quad (6b)$$

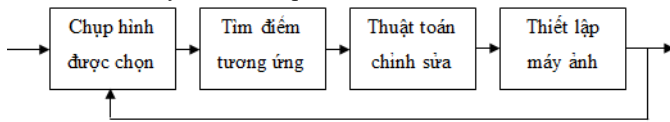
Trong đó, $|\Lambda_b|$ và $|\Lambda_w|$ là số phần tử trong Λ_b và Λ_w tương ứng. Hệ phương trình tuyến tính (6) khuyến khích các giá trị màu của một số điểm ảnh có liên quan là màu của mức đen hoặc mức trắng. Điều này đảm bảo phạm vi hoạt động thích hợp của máy ảnh, do đó được gọi là định hình dải động. Phương trình biểu thị (4) là $Ax = 0$ và (6) là $Cx = I$. Kết hợp các yêu cầu về nhất quán màu sắc và định hình phạm vi động ta có được hệ thống tuyến tính sau:

$$\begin{pmatrix} A \\ \omega C \end{pmatrix} x = \begin{pmatrix} 0 \\ \omega I \end{pmatrix} \quad (7)$$

Phương trình (7), $\omega > 0$ được sử dụng để điều chỉnh tầm quan trọng của việc định hình dải động. Một mặt, việc định hình dải động đảm bảo độ tương phản cao và phạm vi động cao của hình ảnh được chỉnh sửa, mặt khác, từ quan điểm của đại số tuyến tính, định hình dải động cũng áp đặt các ràng buộc cần thiết trên phương trình hệ thống thống nhất (4). Công thức hệ thống tuyến tính áp dụng cho ba kênh màu tương ứng. Hệ thống tuyến tính được xác định trước (7) có thể được giải quyết bằng phương pháp bình phương tối thiểu (least square) [12].

III. XÂY DỰNG VÀ TRIỂN KHAI THUẬT TOÁN

Thông qua phương pháp hiệu chỉnh màu sắc được đề xuất, chúng tôi thiết lập khung chỉnh sửa màu tự động. Hình 1 minh họa quy trình làm việc của khung chỉnh sửa màu của chúng tôi. Đầu tiên, một hệ thống nhiều camera chụp một hình ảnh từ nhiều góc của một tập hợp các mục tiêu. Thứ hai, thiết lập một điểm tương ứng chung từ hình ảnh của mục tiêu. Thứ ba, một hệ thống tuyến tính được quá định được xây dựng và giải quyết để có được một tập hợp các thông số máy ảnh được sử dụng để chỉnh màu. Toàn bộ quá trình được lặp lại cho đến khi hình ảnh từ máy ảnh nhất quán về màu sắc.



Hình 1: Sơ đồ mô tả công việc thực hiện

A. Chụp hình

Chúng tôi sử dụng bản kiểm tra màu GretagMacbeth ColorChecker [13] là một mục tiêu hiệu chỉnh màu bao gồm các tông màu được sắp xếp vào 24 ô vuông (hình 2). Các tông màu này có các phản xạ quang phổ nhằm mô phỏng những vật thể tự nhiên như da người, hoa, lá... có màu sắc phù hợp với nhiều điều kiện ánh sáng, đặc biệt là khi phát hiện bằng phim ảnh màu, và có tính ổn định theo thời gian được sử dụng rộng

rãi để làm mục tiêu chụp hình cho máy ảnh đơn và hệ thống nhiều máy ảnh đồng phẳng.



Hình 2: GretagMacbeth ColorChecker

B. Điểm tương ứng chung

Trong các hệ thống phẳng, bản kiểm tra màu tiêu chuẩn hiển thị cho tất cả các camera và các điểm tương ứng chung có thể được thiết lập theo phương pháp của Joshi với sự trợ giúp của mục tiêu hiệu chuẩn hình học [14,15]. Nhưng ở đây chúng tôi sử dụng một số phương pháp khác để tìm được điểm tương ứng chung.

Scale-invariant feature transform (SIFT) [16] là một thuật toán để phát hiện và mô tả các đặc trưng cục bộ trong hình ảnh. Các đặc trưng SIFT là bất biến với quy mô hình ảnh và các thay đổi khác của hình ảnh, thay đổi của ánh sáng, nhiễu, và điểm quan sát. Do đó, chúng tôi sử dụng SIFT làm bộ dò tìm tính năng ban đầu. Tuy nhiên phương pháp SIFT có thể xác định một số vị trí điểm đặc trưng sai dẫn đến khi đối chiếu hai hình ảnh có thể điểm đặc trưng này không trùng khớp. Do đó, chúng tôi sử dụng kết hợp thêm thuật toán BestBin-First (BBF) [17] để phát hiện và kết hợp các điểm đặc trưng cho mỗi cặp hình ảnh sao cho vị trí của chúng trùng khớp. Sau khi có được điểm đặc trưng với các vị trí trùng khớp giữa mỗi cặp hình ảnh ta lại xác định chọn điểm đặc trưng nào có tỷ lệ tương quan cao và loại bỏ điểm nào có tỷ lệ tương quan thấp. Ở đây, chúng tôi sử dụng phương pháp xác định Zeromean Normalized Cross Correlation (ZNCC) [18]. Cuối cùng sau khi hoàn thành xong bước này ta có được điểm đặc trưng tốt nhất và trở thành điểm tương ứng chung.

C. Thuật toán chỉnh sửa màu sắc

Mô tả quá trình thực hiện thuật toán:

Bước 1: Tìm điểm tương ứng chung

For mỗi máy ảnh **to**

Trích xuất các điểm đặc trưng bằng phương pháp SIFT

Xóa các điểm đặc trưng không hợp lệ

Bắt thành cặp các điểm đặc trưng với các máy ảnh liên kế bằng phương pháp BBF

Xóa những điểm đặc trưng nào có tỷ lệ ZNCC thấp

Endfor

Nối các điểm đặc trưng thành từng cặp và trở thành điểm tương ứng chung.

Bước 2: Tìm các thông số hiệu chỉnh màu sắc bằng cách giải quyết một hệ thống tuyến tính quá định.

For số lần thực hiện **do**

For mỗi kênh màu **do**

Tính trung bình của các giá trị màu của mỗi điểm tương ứng chung trong tất cả các máy ảnh kết hợp.

Sắp xếp các giá trị trung bình này theo thứ tự tăng dần.

Chọn t phần trăm đầu tiên và cuối cùng của giá trị màu đã được sắp xếp để định hình phạm vi động.

Xây dựng hệ thống tuyến tính quá định và giải quyết nó bằng phương pháp bình phương tối thiểu.

Cài đặt thông số đã giải quyết cho tất cả các máy ảnh

Endfor

Chụp lại bộ ảnh mới

Endfor

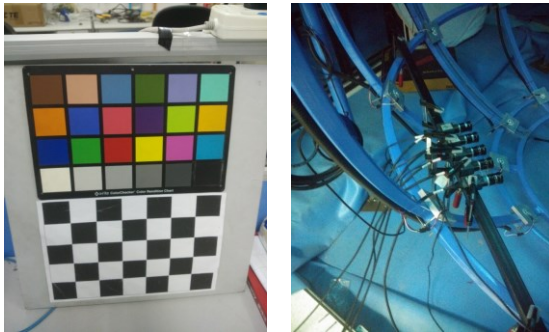
D. Cấu hình máy ảnh

Với các điểm tương ứng chung có được, một hệ thống tuyến tính quá định được xây dựng cho ba kênh màu. Và giải quyết hệ phương trình tuyến tính đó ta thu được các tham số độ lợi $\{g^R, g^G, g^B\}$ và tham số bù cộng $\{b^R, b^G, b^B\}$ cho tương ứng cả ba kênh màu. Để hiệu chỉnh màu sắc phù hợp cho tất cả các máy ảnh ta thực hiện cấu hình các máy ảnh với các tham số thu được ở trên.

IV. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

A. Môi trường thực hiện

Về phần cứng: chúng tôi thiết kế một lồng hình cầu, tại mỗi đường giao nhau của kinh tuyến và vĩ tuyến chúng tôi gắn đèn led công suất cao được điều khiển bằng phần mềm, nhằm mục đích tạo ra ánh sáng phù hợp cho việc thực nghiệm. Sử dụng một hệ thống gồm 5 camera CCD công nghiệp được điều khiển bởi 5 máy tính thông qua IP. Các camera này được đặt trên cùng một mặt phẳng, khoảng cách giữa các camera bằng nhau. Cuối cùng dán bản kiểm tra màu GretagMacbeth ColorChecker trên một tấm cứng như hình 3.

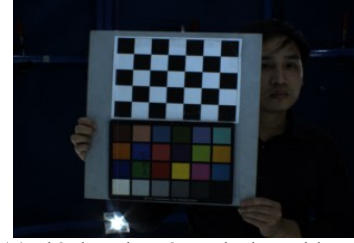


Hình 3: Hệ thống phần cứng thực nghiệm.

Về phần mềm: chúng tôi sử dụng một số phần mềm liên quan như: phần mềm điều khiển led chiếu sáng, phần mềm điều khiển camera CCD công nghiệp, và Matlab 2016b để thiết kế thuật toán.

B. Kết quả thực nghiệm

Chọn máy ảnh thứ nhất làm máy ảnh tham khảo, và thực hiện chụp đồng thời 5 máy ảnh. Hình ảnh được chụp từ 5 máy ảnh như Hình 4.



(a) hình ảnh máy ảnh tham khảo 1



2 3

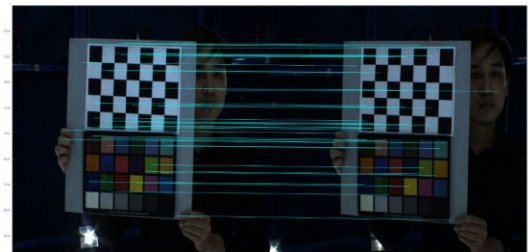


4 5

(b) Hình ảnh máy ảnh 2, 3, 4, 5

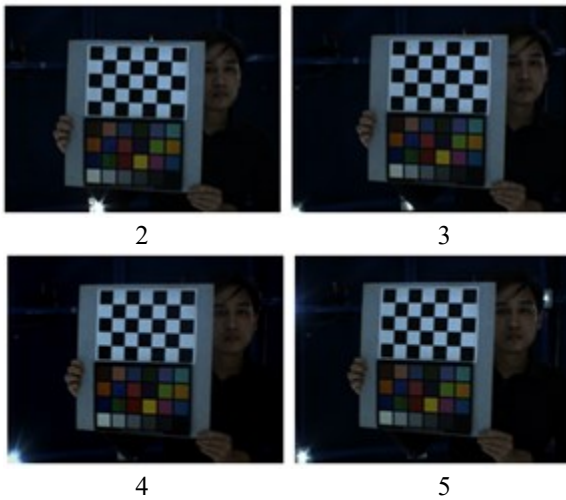
Hình 4: Hình ảnh gốc của các camera.

Từ các hình ảnh gốc được chụp trên ta có thể thấy phản ứng màu của 5 máy ảnh không giống nhau. Cụ thể về sự khác biệt đáng kể về độ sáng và độ tương phản. Và để hệ thống 5 máy ảnh này tạo ra một phản ứng về màu sắc và độ tương phản nhất quán ta thực hiện phương pháp đã đề xuất ở trên.



Hình 5: Kết quả trích xuất điểm tương ứng chung.

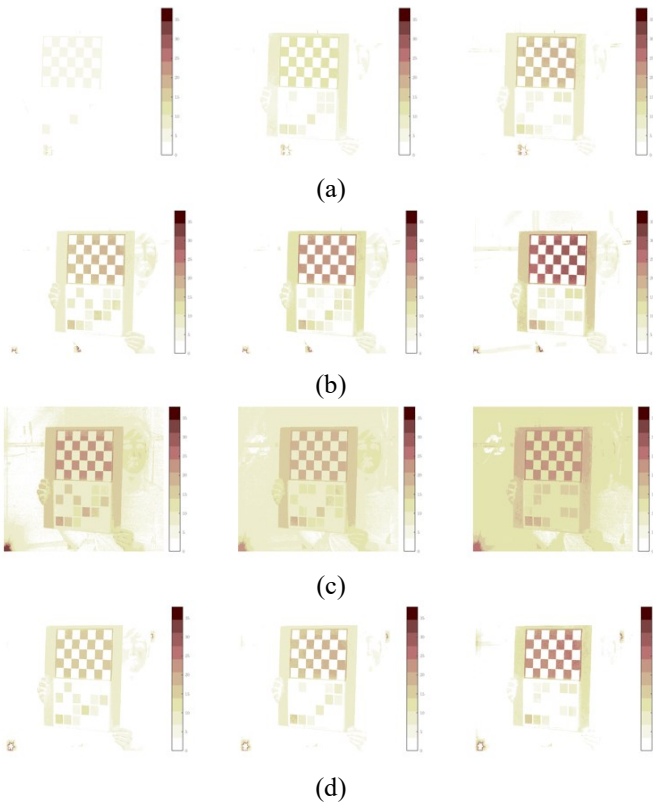
Hình 5 là kết quả của quá trình thực hiện bước một của phương pháp đề xuất, ta có thể thấy các điểm tương ứng chung đã được nối từng cặp từ máy ảnh tham khảo 1 và hình ảnh gốc máy ảnh 3. Cuối cùng, khi ta đã có điểm tương ứng chung này ta thực hiện bước hai của phương pháp và kết quả được thể hiện ở hình 6. Kết quả cho ta thấy hình ảnh đồng nhất về màu sắc và độ tương phản so với hình ảnh trước khi hiệu chỉnh.



Hình 6: hình ảnh đã được hiệu chỉnh.

C. Đánh giá

Dựa trên kết quả hình 6 chúng tôi thực hiện tạo một bản đồ nhiệt (Heat map) cho 3 kênh màu RGB như hình 7 để có thể thấy được sự thay đổi rõ rệt qua quá trình hiệu chỉnh màu sắc.



Hình 7: Bản đồ nhiệt cho 3 kênh màu RGB sau khi hiệu chỉnh. (a) máy ảnh 2, (b) máy ảnh 3, (c) máy ảnh 4, (d) máy ảnh 5.

Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh màu sắc khi sử dụng thêm bản kiểm tra màu. Chú ý đến bản kiểm tra ta thấy mỗi tông màu đại diện cho một tông bù đắp màu tại vị trí của nó trong không gian màu RGB được xác định bởi giá trị màu khi hiệu chỉnh.

Như vậy màu trong hình ảnh sẽ được kết nối đến một tông màu bù đắp.

Trên sự phân tích định lượng của bản đồ nhiệt không gian màu trắng đại diện cho giá trị trung bình trong không gian màu RGB. Các giá trị màu trong hình ảnh camera gần hơn với giá trị trung bình. Điều này khẳng định rằng phương pháp hiệu chuẩn màu cộng tác của chúng tôi có khả năng mạnh mẽ trong việc đảm bảo tính nhất quán màu sắc giữa các máy ảnh và dải động cao.

Dựa trên độ lợi cộng hưởng $g\{r,g,b\}$ và độ lệch bù cộng $b\{r, g, b\}$. Sau khi giải quyết hệ thống tuyến tính quá định ta được $g\{0.61, 0.49, 0.37\}$ và $b\{93.6, 75.8, 58.4\}$ cần cài đặt cho tất cả camera. Chúng tôi thực hiện quá trình thực nghiệm sau 5 lần lặp.

Kênh màu	Giá trị màu chuẩn	Camera 1		Camera 2		Camera 3	
		Trước hiệu chỉnh	Sau hiệu chỉnh	Trước hiệu chỉnh	Sau hiệu chỉnh	Trước hiệu chỉnh	Sau hiệu chỉnh
R	{176,12,12}	{198,1,98,98}	{176,12,1,12}	{160,79,2,79,2}	{176,12,12,5}	{124,65,6,12}	{176,12,12}
G	{12,17,6,12}	{98,198,1,98}	{12,1,17,6,12}	{79,2,160,79,2}	{12,176,12,5}	{65,124,6,5}	{12,176,12}
B	{12,12,176}	{98,98,198,1}	{12,12,1,76}	{79,2,79,2,160}	{12,12,1,76}	{65,65,12,4}	{12,12,1,76}

Bảng 1. Biểu thị giá trị màu của hình ảnh chưa hiệu chỉnh và hình ảnh đã hiệu chỉnh.

Bảng 1, ta nhận thấy màu sắc hình ảnh của 3 camera 1, 2, 3 có giá trị kênh màu RGB khác nhau, không đồng nhất về màu sắc. Sau quá trình thực hiện hiệu chỉnh dựa trên phương pháp đề xuất ta thấy, các kênh màu của các camera hội tụ về giá trị màu chuẩn của 3 kênh RGB. Điều này khẳng định thêm rằng phương pháp đề xuất của chúng tôi có tác động mạnh mẽ về hiệu chỉnh đồng nhất về màu sắc của nhiều camera.

V. KẾT LUẬN

Bài báo này, chúng tôi trình bày một phương pháp hiệu chỉnh màu sắc cho hệ thống nhiều máy ảnh. Vấn đề chỉnh sửa màu sắc được thực hiện bằng các giải quyết hệ thống tuyến tính quá định và trong đó kết hợp thêm việc định hình dải động để đảm bảo thêm về phạm vi động của màu sắc thích hợp cho các hình ảnh được chụp. Chúng tôi thực hiện chụp hình sử dụng bản kiểm tra màu và thực hiện trích xuất các điểm tương ứng chung để giải quyết bài toán. Phương pháp được thực hiện trên hệ thống máy ảnh thực và hội tụ nhanh chóng trong nhiều lần lặp. Kết quả là hình ảnh đồng nhất về màu sắc giữa các máy ảnh mà còn đảm bảo độ tương phản cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Jarusirisawad, H. Saito, "3DTV view generation using uncalibrated pure rotating and zooming cameras," Signal Processing: Image Communication Volume 24, Issues 1–2, January 2009, Pages 17–30.
- [2] E. Izquierdo, J.-R. Ohm, "Image-based rendering and 3D modeling: a complete framework," Signal Processing: Image Communication Volume 15, Issue 10, August 2000, Pages 817–858.
- [3] Z. Zhu, A.R. Hanson, "Mosaic-based 3D scene representation and rendering," Signal Processing: Image Communication Volume 21, Issue 9, October 2006, Pages 739–754.
- [4] P. Baudisch, D. Tan, D. Steedly, E. Rudolph, M. Uyttendaele, C. Pal, R. Szeliski, "An exploration of user interface designs for real-time panoramic photography," Australian Journal of Information Systems Volume 13, No 2, May 2006, Pages 151–166.

- [5] P. Rander, P.J. Narayanan, T. Kanade, "Virtualized reality: constructing time-varying virtual worlds from real world events," IEEE Conference on Visualization, Phoenix, Arizona, United States, 1997, Pages 277–284.
- [6] T. Kanade, H. Saito, S. Vedula, "The 3D room: digitizing time-varying 3D events by synchronized multiple video streams," Technical Report, CMU-RI-TR-98-34, Robotics Institute, CMU, 1998.
- [7] J.C. Yang, M. Everett, C. Buehler, L. McMillan, "A real-time distributed light field camera," Eurographics Workshop on Rendering, Pisa, Italy, 2002, Pages 77–85.
- [8] B. Wilburn, N. Joshi, V. Vaish, E.V. Talvala, E. Antunez, A. Barth, A. Adams, M. Horowitz, M. Levoy, "High performance imaging using large camera arrays," ACM Transactions on Graphics Volume 24, Issue 3, July 2005, Pages 765–776.
- [9] K. Li, Q. Dai, W. Xu, "Markerless shape and motion capture from multiview video sequences," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Volume 21, Issue 3, March 2011, Pages 320 – 334.
- [10] E. de Aguiar, C. Stoll, C. Theobalt, N. Ahmed, H.P. Seidel, S. Thrun, "Performance capture from sparse multi-view video," ACM SIGGRAPH, Los Angeles, California, 2008, Pages. 1–10.
- [11] S. Vedula, S. Baker, T. Kanade, "Image-based spatio-temporal modeling and view interpolation of dynamic events," ACM Transactions on Graphics Volume 24, Issue 2, April 2005, Pages 240-261.
- [12] Steven J. Miller, "The Method of Least Squares", Mathematics Department, Brown University, Providence, RI 02912.
- [13] Gretagmacbeth Color Management Solutions <<http://www.gretagmacbeth.com>>.
- [14] N. Joshi, B. Wilburn, V. Vaish, M. Levoy, M. Horowitz, "Automatic color calibration for large camera arrays," Technical Report, CS2005-0821, CSE, UCSD, 2005.
- [15] N.S. Joshi, "Color calibration for arrays of inexpensive image sensors," MS Thesis, Stanford University, 2004.
- [16] D.G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," International Journal of Computer Vision Volume 60, Issue 2, November 2004, Pages 91–110.
- [17] J.S. Beis, D. G. Lowe, "Shape indexing using approximate nearestneighbour search in high-dimensional spaces," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Washington, DC, USA, 1997, pp. 1000–1006.
- [18] Zero Mean Normalized Cross-Correlation, <<https://martin-thoma.com/zero-mean-normalized-cross-correlation/>>.