



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0051602

(51)^{2021.01} H04N 9/73

(13) B

(21) 1-2022-05635

(22) 06/02/2020

(86) PCT/EP2020/052917 06/02/2020

(87) WO2021/155925 12/08/2021

(45) 25/09/2025 450

(43) 25/11/2022 416A

(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)

Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District, Shenzhen, Guangdong
518129, China

(72) KOSKINEN, Samu (FI); NENONEN, Petri (FI).

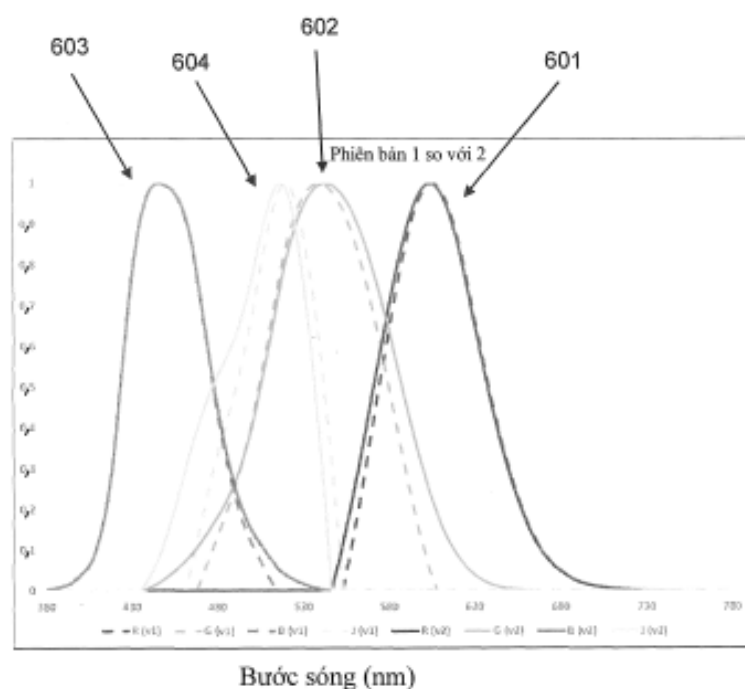
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) THIẾT BỊ ĐỀ XỬ LÝ TẬP HỢP CÁC ĐIỂM ẢNH MÀU CỦA ẢNH

(21) 1-2022-05635

(57) Thiết bị (1201) để xử lý tập hợp các điểm ảnh màu của ảnh để tạo ra, đối với ít nhất một điểm ảnh, đầu ra trên bốn kênh, trong đó thiết bị này được tạo cấu hình để: tạo ra các đầu ra cho ba trong số các kênh theo các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất (601), thứ hai (602) và thứ ba (603) tương ứng mà mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương trong phổ bước sóng nhìn thấy được trong 20 nm của đỉnh đáp ứng dương của một hàm tương ứng trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn màu thứ nhất (301, 401, 501), thứ hai (302, 402, 502) và thứ ba (303, 403, 503) trong không gian màu chung; và tạo ra đầu ra cho kênh thứ tư theo hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư (604) mà có đỉnh đáp ứng dương trong độ lệch phổ bước sóng nhìn thấy được nhiều hơn 10 nm từ các đỉnh đáp ứng dương của mỗi hàm trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn (301, 302, 303, 401, 402, 403, 501, 502, 503). Sáng chế cũng mô tả bộ xử lý tín hiệu ảnh (900) và phương pháp (1100) để biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh (901). Điều này có thể cho phép hoạt động biến đổi màu được thực hiện trong đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh độc lập với màu chiếu sáng của cảnh.

Fig.6



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các mảng lọc màu (color filter array, CFA) và các phương pháp xử lý liên quan dùng cho các camera số.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong việc xử lý dữ liệu cảm biến ảnh đối với ảnh RGB, các bộ lọc màu là cần thiết do các cảm biến ảnh thông thường, như các cảm biến điểm ảnh chủ động (CMOS), phát hiện cường độ ánh sáng với ít hoặc không có đặc trưng bước sóng và do đó không tự phân biệt các màu. Các phần tử nhạy quang của mảng lọc màu (CFA) lọc ánh sáng theo các hàm phụ thuộc bước sóng và vì vậy các cường độ được lọc riêng rẽ bao gồm thông tin liên quan đến màu của ánh sáng sao cho ảnh RGB có thể được tạo ra. Để phân biệt ba kênh màu khác nhau mà có thể còn được biến đổi thành dữ liệu RGB, CFA phải có ít nhất ba đáp ứng phổ khác nhau. CFA thường được sử dụng là bộ lọc Bayer, như được thể hiện trên Fig.1, mà đưa ra thông tin về cường độ của ánh sáng trong các vùng bước sóng đỏ, lục và lam. Mẫu hình này có khảm (mosaic) 2x2 tuần hoàn mà được lát qua ảnh. Ở mỗi điểm ảnh, màu đỏ 101, lục 102 hoặc lam 103 được thu thập.

Dữ liệu được ghi CFA không được ghi với các tọa độ màu của không gian màu tiêu chuẩn và do đó không thể được thể hiện một cách tự nhiên cho các người dùng cuối, do nó không chứa các màu chính xác hoặc dễ chịu. Do đó, hoạt động biến đổi màu được đòi hỏi để chuyển đổi các giá trị thành không gian màu chung.

Một khía cạnh về độ chắc chắn của hoạt động biến đổi màu là hoạt động biến đổi thay đổi bao nhiêu giữa các nguồn sáng cảnh khác nhau. Một khía cạnh khác là hoạt động biến đổi màu có các tính chất khuếch đại nhiễu âm nhiễu đến mức nào. Khía cạnh thứ ba là các màu được thu nạp tốt như thế nào, ví dụ, là sự tối thiểu của các lỗi lệch màu (metameric failure). Trong ngữ cảnh này, lỗi lệch màu có nghĩa là camera không tách tất cả các màu mà con người hoặc máy quan sát tiêu chuẩn làm.

Phương pháp đơn giản để làm cho hoạt động biến đổi màu mạnh mẽ sẽ là sử dụng các đáp ứng phổ màu của các kênh RGB tiêu chuẩn làm các bộ lọc CFA. Tuy nhiên, các

đáp ứng này có các giá trị âm, mà không thể được thực hiện trên thực tế. Các bộ lọc này sẽ mang lại các hệ số biến đổi ổn định và mạnh mẽ, nhưng các đáp ứng âm không khả thi về mặt vật lý.

Một giải pháp thông thường là sử dụng các bộ lọc RGB, tức là một số đáp ứng lọc các bước sóng hơi đỏ, hơi lục và hơi lam của phổ màu thành các điểm ảnh khác nhau của cảm biến. Sau đó, dữ liệu RGB của cảm biến, ở giai đoạn sau đó của hệ thống xử lý ảnh, được biến đổi thành định dạng RGB tiêu chuẩn, hoặc định dạng ảnh đích khác nào đó.

Các nhược điểm của giải pháp này là việc các hoạt động biến đổi màu cần thiết là phụ thuộc màu của cảnh và sự chiếu sáng. Ví dụ, ánh sáng vàng chiếu sáng các màu cảnh đòi hỏi hoạt động biến đổi màu khác để đạt được các màu RGB tiêu chuẩn so với ánh sáng hơi lam chiếu sáng cùng các màu cảnh. Điều này đã được giải quyết với các thuật toán bổ sung mà hướng đến phân tích loại và màu của sự chiếu sáng và sau đó chọn hoạt động biến đổi màu nào đó được tối ưu hóa cho màu đó. Vấn đề trong trường hợp này là việc ước lượng hoặc phát hiện chiếu sáng là một nhiệm vụ phức tạp. Việc chọn hoạt động biến đổi không phải luôn mạnh mẽ và các màu cuối cùng có thể không phải tối ưu.

Một lớp giải pháp khác cố gắng tối đa hóa độ nhạy của camera. Các giải pháp này có thể được chia thành hai loại. Một cách tiếp cận là sử dụng các bộ lọc màu mà mang ít sự tương đồng với các màu RGB hơn, nhưng lại có dải thông truyền rộng hơn. Sau đó, cảm biến phát hiện nhiều ánh sáng hơn đối với các bộ lọc loại RGB dải thông hẹp hơn. Ví dụ, các sự kết hợp như lục lam-đỏ tươi-vàng hoặc đỏ-vàng-lam đã được sử dụng. Các giải pháp này có thể giúp cảm biến phát hiện một số tín hiệu ánh sáng trong các điều kiện ánh sáng cực thấp. Tuy nhiên, nhược điểm là việc xử lý biến đổi màu có thể dẫn đến có nhiều nhiễu âm hơn. Điều này ít nhất một phần là do không gian màu của camera sẽ rất khác với không gian màu tiêu chuẩn đích và do đó cần khả năng xử lý mạnh hơn. Hơn nữa, rủi ro về các lỗi lệch màu tăng lên.

Một cách tiếp cận khác là bổ sung kênh thứ tư để ghi ánh sáng với việc giảm tín hiệu được tối thiểu hóa. Ví dụ, kênh trung lập (tức là không có bộ lọc) có thể được sử dụng làm kênh thứ tư để ghi toàn bộ khoảng phổ mà cảm biến có thể phát hiện. Nhược

điểm là độ phức tạp của hoạt động biến đổi màu và độ khuếch đại nhiễu âm có thể tăng do biến đổi.

Từ quan điểm đơn giản hoạt động biến đổi màu, một cách tiếp cận khả thi là sử dụng các đáp ứng bộ lọc CFA mà là các hoạt động biến đổi của không gian màu tiêu chuẩn. Nếu không gian màu tiêu chuẩn thu được với hoạt động biến đổi độc lập với nguồn sáng từ sự biểu diễn màu CIE XYZ tiêu chuẩn được biến đến rộng rãi và các đáp ứng bộ lọc CFA là biến đổi tuyến tính của các đáp ứng CIE XYZ thì camera đáp ứng điều kiện Luther-Ives được biết đến rộng rãi và nó được chứng minh trong ấn phẩm là camera có thể phát hiện các màu dưới dạng bộ quan sát tiêu chuẩn với biến đổi tuyến tính và các màu RGB tiêu chuẩn đích có thể thu được với hoạt động biến đổi độc lập với nguồn sáng. Không có lỗi lệch màu. Loại camera này được gọi chung là camera đo màu. Có nhiều tùy chọn đối với việc các loại đáp ứng bộ lọc này có thể được chọn như thế nào. Giải pháp không đáng kể sẽ là sử dụng các đáp ứng phổ bộ quan sát tiêu chuẩn CIE XYZ. Tuy nhiên, một nhược điểm của giải pháp này là việc các đáp ứng là khá hẹp, do đó làm giảm lượng ánh sáng đi vào cảm biến tạo ảnh. Một nhược điểm khác là việc các đáp ứng, ví dụ kênh X, có thể có nhiều dải truyền qua trong khoảng phổ và do đó khó thực thi trên thực tế. Ngoài ra, hoạt động biến đổi, ví dụ từ CIE XYZ đến RGB tiêu chuẩn, có tính chất độ khuếch đại nhiễu âm cao.

Các phần khó nhất của vấn đề này là phải thiết kế và thực thi các bộ lọc CFA sao cho chúng không làm giảm độ nhạy sáng của cảm biến tạo ảnh nhưng vẫn tạo ra độ chính xác màu và việc tách màu tốt, và còn thiết kế các bộ lọc CFA sao cho việc xử lý dữ liệu ảnh được ghi đến dữ liệu RGB tiêu chuẩn là mạnh mẽ và tạo ra các giả tượng không mong muốn (như nhiễu âm) ít nhất, và cũng phải thiết kế phương pháp biến đổi màu đồng thời với thiết kế bộ lọc CFA.

Điều mong muốn là phát triển CFA và đường liên kết để xử lý dữ liệu ảnh để khắc phục các vấn đề này.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất thiết bị để xử lý tập hợp các điểm ảnh màu của ảnh để tạo ra, đối với ít nhất một điểm ảnh, đầu ra trên bốn kênh, trong đó thiết bị này được tạo cấu hình để: tạo ra các đầu ra cho ba trong số các kênh theo các hàm

trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và thứ ba tương ứng mà mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương trong phổ bước sóng nhìn thấy được trong 20 nm của đỉnh đáp ứng dương của một hàm tương ứng trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn màu thứ nhất, thứ hai và thứ ba trong không gian màu chung; và tạo ra đầu ra cho kênh thứ tư theo hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư mà có đỉnh đáp ứng dương trong độ lệch phổ bước sóng nhìn thấy được nhiều hơn 10 nm từ các đỉnh đáp ứng dương của mỗi hàm trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn này.

Do đó, các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng của các kênh của mảng lọc màu được xác định dựa trên các đáp ứng phổ đầy đủ về lý thuyết trong không gian màu. Kết quả là, hoạt động biến đổi màu được thực hiện trong đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh có thể độc lập với màu chiếu sáng của cảnh. Các bộ lọc của CFA có các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng này có độ nhạy tốt và có thể thực hiện được trên thực tế, do mỗi bộ lọc trong số các bộ lọc này có đáp ứng bước sóng dương. Điều này cũng có thể dẫn đến độ khuếch đại nhiễu âm giảm trong suốt quá trình xử lý màu.

Theo một số phương án, hàm trọng số phụ thuộc bước sóng có thể chỉ báo độ nhạy của thực thể đối với bước sóng cụ thể của ánh sáng.

Ba trong số các kênh có thể lần lượt là các kênh màu đỏ, lục và lam. Điều này có thể cho phép dữ liệu được ghi CFA xử lý trong đường liên kết ISP và được biến đổi thành định dạng RGB tiêu chuẩn được sử dụng bởi nhiều thiết bị hiển thị hiện hành.

Hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có thể có đỉnh đáp ứng dương nằm trong khoảng từ 510 nm đến 530 nm. Hàm kênh CFA bổ sung với đỉnh nằm trong khoảng này có thể dẫn đến việc xử lý màu được tối ưu hóa.

Các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư, mỗi hàm có thể có đỉnh đáp ứng dương đơn lẻ trong phổ bước sóng nhìn thấy được. Điều này cho phép các bộ lọc màu tương ứng có thể thực thi được dễ dàng.

Ít nhất một đỉnh đáp ứng dương được liên kết với mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư có thể là giá trị tối đa cục bộ hoặc giá trị tối đa chung. Giá trị tối đa cục bộ hoặc giá trị tối đa chung có thể nằm trong phổ bước sóng nhìn thấy được.

Một trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn này trong không gian màu chung có thể có đỉnh đáp ứng dương trong vùng đỏ của phổ bước sóng nhìn thấy được và đỉnh đáp ứng âm bên ngoài vùng đỏ của phổ bước sóng nhìn thấy được, và trong đó hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có thể có đỉnh đáp ứng dương nằm trong 20 nm của đỉnh đáp ứng âm đó. Một trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn này trong không gian màu chung có thể là hàm bộ quan sát tiêu chuẩn của kênh màu đỏ. Đỉnh đáp ứng dương của hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có thể có cùng bước sóng đỉnh với đỉnh đáp ứng âm. Hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư do đó có thể được tạo ra bằng cách lấy đáp ứng bước sóng âm của hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ và bổ sung nó dưới dạng kênh màu mới với đáp ứng bước sóng dương.

Hàm trọng số phụ thuộc bước sóng của kênh màu đỏ có thể là không đáng kể khi hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư lớn hơn không (zero).

Không gian màu chung có thể là một trong số không gian màu sRGB, không gian màu CIE RGB, không gian màu Adobe RGB, không gian màu Rec2020 hoặc không gian màu DCI-P3. Do đó, cách tiếp cận được mô tả ở đây có thể được sử dụng cho nhiều loại không gian màu khác nhau.

Mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư có thể có đáp ứng bước sóng dương. Điều này cho phép các bộ lọc màu tương ứng có thể thực hiện được trên thực tế.

Mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư có thể có dải truyền qua đơn lẻ. Điều này cho phép các bộ lọc màu tương ứng có thể thực thi được dễ dàng.

Hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có thể là khác nhau đối với các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và thứ ba. Mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư có thể có đỉnh đơn lẻ trong phổ bước sóng nhìn thấy được.

Thiết bị này có thể bao gồm cảm biến ảnh có một hoặc nhiều mảng hai chiều của các phân tử nhạy quang, trong đó một hoặc nhiều mảng hai chiều được tạo cấu hình để phát hiện cường độ của ánh sáng trên mỗi kênh trong số bốn kênh này. Mỗi phân tử

trong số các phần tử này có thể bao gồm bộ lọc màu được tạo cấu hình để lọc ánh sáng theo một hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư. Các phần tử nhạy quang của mảng lọc màu lọc ánh sáng theo các hàm phụ thuộc bước sóng và vì vậy, các cường độ được lọc riêng rẽ bao gồm thông tin về màu của ánh sáng. Điều này cho phép ảnh RGB được tạo ra.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất bộ xử lý tín hiệu ảnh để biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh, bộ xử lý tín hiệu ảnh được tạo cấu hình để: nhận các giá trị đọc cảm biến ảnh tương ứng với cảnh của ảnh nguồn trong không gian màu nguồn trên các kênh; thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất để biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh thành không gian màu đích để tạo ra tập hợp các giá trị đọc được biến đổi; ước lượng màu chiếu sáng đối với ảnh nguồn; và thực hiện hoạt động biến đổi thứ hai để biến đổi tập hợp các giá trị đọc được biến đổi dựa trên màu chiếu sáng được ước lượng để tạo ra ảnh đầu ra.

Hoạt động biến đổi thứ nhất có thể được thực hiện bằng cách áp dụng hoạt động biến đổi định trước vào các giá trị đọc cảm biến ảnh. Hoạt động biến đổi thứ nhất có thể độc lập với màu chiếu sáng của ảnh nguồn. Do đó, ma trận đơn lẻ có thể được sử dụng cho hoạt động biến đổi màu đối với các cảnh có các màu chiếu sáng khác nhau.

Bộ xử lý tín hiệu ảnh có thể còn được tạo cấu hình để nhận tập hợp các giá trị đọc cảm biến phổ. Hoạt động biến đổi thứ nhất có thể được xác định dựa trên tập hợp các giá trị đọc cảm biến phổ. Màu chiếu sáng đối với ảnh nguồn có thể được ước lượng dựa trên tập hợp các giá trị đọc cảm biến phổ. Một hoặc nhiều hoạt động biến đổi trong số các hoạt động biến đổi thứ nhất và thứ hai có thể còn được xác định dựa trên các giá trị đọc cảm biến ảnh. Do đó, các giá trị đọc từ cảm biến phổ ngoài có thể được sử dụng để hỗ trợ việc xác định các hoạt động biến đổi trong ISP.

Hoạt động biến đổi thứ nhất có thể được thực hiện bằng cách áp dụng ma trận vào các giá trị đọc cảm biến ảnh. Do đó, cách tiếp cận này tương thích với các kỹ thuật xử lý ảnh tiêu chuẩn để áp dụng hoạt động biến đổi màu.

Hoạt động biến đổi thứ nhất và hoạt động biến đổi thứ hai có thể được áp dụng vào các giá trị đọc cảm biến ảnh dưới dạng ma trận đơn lẻ. Điều này có thể nâng cao hiệu suất của hoạt động xử lý ảnh.

Các giá trị đọc cảm biến ảnh được nhận bởi bộ xử lý tín hiệu ảnh có thể ở trên ba hoặc bốn kênh. Ma trận có thể là ma trận 3×3 hoặc ma trận 3×4 . Bộ xử lý tín hiệu ảnh được mô tả ở đây có thể được sử dụng để xử lý dữ liệu CFA ba kênh thông thường (sau khi nội suy, hoặc khử khảm (demosaicking)) hoặc dữ liệu CFA bốn kênh.

Các giá trị đọc cảm biến ảnh được nhận bởi bộ xử lý tín hiệu ảnh có thể được đưa ra bởi thiết bị được mô tả trên đây. Sự kết hợp của bộ xử lý tín hiệu ảnh và CFA bốn kênh được mô tả trên đây có thể dẫn đến việc xử lý ảnh hiệu quả hơn do chỉ biến đổi tuyến tính có thể được đòi hỏi từ không gian màu RGB của chính thiết bị tạo ảnh đến không gian màu RGB tiêu chuẩn.

Không gian màu đích có thể là một không gian màu trong số không gian màu sRGB, không gian màu Adobe RGB, không gian màu Rec2020 hoặc không gian màu DCI-P3. Đầu ra của bộ xử lý tín hiệu ảnh có thể là dữ liệu ảnh trong không gian màu RGB hoặc không gian màu YUV. Do đó, cách tiếp cận được mô tả ở đây có thể được sử dụng cho nhiều loại không gian màu khác nhau.

Màu chiếu sáng đối với ảnh nguồn có thể được ước lượng tiếp theo việc thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất. Nếu hoạt động biến đổi thứ nhất có thể được thực hiện nhờ sử dụng hoạt động biến đổi độc lập với nguồn sáng, thì điều này có thể nâng cao hiệu suất của hoạt động xử lý ảnh.

Ảnh đầu ra có thể là cảnh của ảnh nguồn dưới nguồn sáng chính tắc (ánh sáng trắng).

Bộ xử lý tín hiệu ảnh có thể còn được tạo cấu hình để thực hiện hiệu chỉnh vệt thấu kính trước khi thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất. Bộ xử lý tín hiệu ảnh có thể còn được tạo cấu hình để nâng cao màu của ảnh đầu ra. Điều này có thể nâng cao chất lượng ảnh tạo thành.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề xuất phương pháp biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh, phương pháp này bao gồm các bước: nhận các giá trị đọc cảm biến ảnh tương ứng với cảnh của ảnh nguồn trong không gian màu nguồn trên các kênh; thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất để biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh thành không gian màu đích để tạo ra tập hợp các giá trị đọc được biến đổi; ước lượng màu chiếu sáng đối với

ảnh nguồn; và thực hiện hoạt động biến đổi thứ hai để biến đổi tập hợp các giá trị đọc được biến đổi dựa trên màu chiếu sáng được ước lượng để tạo ra ảnh đầu ra.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được mô tả bằng ví dụ có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trên các hình vẽ:

Fig.1 minh họa giản lược mảng lọc màu mẫu hình Bayer tiêu chuẩn trên cảm biến. Tại mỗi điểm ảnh, màu lam, lục, hoặc đỏ được thu thập.

Fig.2 minh họa các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn CIE XYZ.

Fig.3 minh họa các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB.

Fig.4 minh họa giản lược cách mà kênh màu thứ tư có thể được tạo ra từ các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB.

Fig.5 minh họa các hàm so khớp màu CIE RGB.

Fig.6 minh họa giản lược các đáp ứng CFA trên bốn kênh. Phiên bản 1 (các đường liền nét) dựa trên các đường cong sRGB và phiên bản 2 (các đường đứt nét) dựa trên các đường cong CIE RGB. Kênh thứ tư được đánh dấu là J (màu ngọc bích).

Fig.7 thể hiện một ví dụ về việc so sánh phổ sau khi hoạt động biến đổi màu (CCM) đã được áp dụng vào các giá trị đọc cảm biến ảnh được thu thập nhờ sử dụng CFA được mô tả ở đây, được thể hiện dưới dạng các đường đứt nét đậm (ví dụ 701), so với camera thường với CCM được tối ưu hóa cho D65 (ví dụ 702), camera thường với CCM được tối ưu hóa cho halogen (ví dụ 703) và các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB, được thể hiện dưới dạng các đường liền nét (ví dụ 704).

Fig.8 minh họa giản lược các hệ số biến đổi màu dưới dạng hàm của màu chiếu sáng cảnh. Các đường đứt nét thể hiện các hệ số biến đổi cảm biến RGB thông thường dưới các nguồn sáng khác nhau. Các đường liền nét thể hiện các hệ số ma trận biến đổi của CFA bốn kênh được mô tả ở đây.

Fig.9 minh họa giản lược đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh để xử lý màu.

Fig.10 minh họa giản lược sự so sánh giữa đường liên kết màu thông thường và thiết kế đường liên kết trên Fig.9.

Fig.11 là lưu đồ minh họa một ví dụ về phương pháp biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh.

Fig.12 minh họa gián lược một ví dụ về thiết bị tạo ảnh được tạo cấu hình để thực thi thiết bị này, bộ xử lý tín hiệu ảnh và phương pháp được mô tả ở đây để xử lý dữ liệu ảnh được thu nạp bởi cảm biến ảnh trong thiết bị này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo sáng chế, các bộ lọc CFA về cơ bản có thể được thiết kế đồng thời với hoạt động biến đổi màu đến không gian màu đích trong đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh (image signal processing, ISP) sao cho, đối với các không gian màu RGB, giải pháp có thể rất gần với camera đo màu, nhưng các hàm đáp ứng lọc có độ nhạy tốt (tức là, các dải truyền qua rộng) và các bộ lọc có thể thực hiện được trên thực tế.

Các phương án được mô tả dưới đây dành cho các ví dụ trong đó các không gian màu nguồn, đích và/hoặc đầu ra là các không gian màu RGB. Tuy nhiên, cách tiếp cận này cũng áp dụng được vào các màu khác, như CMY hoặc RYB.

Các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng của các kênh của CFA được xác định dựa trên các đáp ứng phổ đầy đủ về lý thuyết trong không gian màu. Ở đây, các hàm mô tả mối quan hệ vật lý giữa các bước sóng và sự đóng góp của chúng vào các tín hiệu đầu ra tương ứng.

“Các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn” thường được liên kết với bộ quan sát tiêu chuẩn CIE XYZ. Các hàm so khớp màu bộ quan sát tiêu chuẩn CIE XYZ, được thể hiện trên Fig.2, là sự mô tả bằng số của bộ quan sát tiêu chuẩn CIE. Chúng có thể được nghĩ đến dưới dạng các đường cong nhạy phổ của ba bộ phát hiện ánh sáng mang lại các giá trị tổng hợp màu (tristimulus) CIE X, Y và Z. Trục x đại diện cho bước sóng (nm) và trục y đại diện cho đáp ứng tương ứng của các kênh. Các hàm đỏ, lục và lam lần lượt được chỉ báo ở 201, 202 và 203.

Các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn phân tiết (phrase) trong không gian màu được sử dụng ở đây để mô tả các hàm so khớp màu bộ quan sát tiêu chuẩn CIE XYZ được biến đổi sang không gian màu, như sRGB. Các hàm được biến đổi là các hàm so khớp màu của không gian màu đó. Ví dụ, các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu

sRGB do đó là các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn CIE XYZ được biến đổi sang không gian màu sRGB (mà cũng có thể được gọi là các hàm so khớp màu của không gian màu sRGB). Không gian màu có thể là một trong số không gian màu sRGB, không gian màu CIE RGB, không gian màu Adobe RGB, không gian màu Rec2020 hoặc không gian màu DCI-P3. Theo cách khác, không gian màu thích hợp khác bất kỳ có thể được sử dụng.

Theo một ví dụ, các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB được sử dụng để xác định các hàm CFA phụ thuộc bước sóng trên bốn kênh. Các hàm này được thể hiện in Fig.3. Các hàm đỏ, lục và lam lần lượt được chỉ báo ở 301, 302 và 303.

Fig.4 thể hiện một ví dụ về cách mà các đáp ứng phụ thuộc bước sóng của bốn bộ lọc CFA có thể được tạo ra nhờ sử dụng các đường cong của các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB. Các hàm đỏ, lục và lam lần lượt được chỉ báo ở 401, 402 và 403.

CFA được mô tả ở đây là CFA bốn kênh trong đó ba trong số các kênh này đưa ra các giá trị đọc cảm biến ảnh theo các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và thứ ba tương ứng và kênh thứ tư đưa ra các giá trị đọc theo hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư. Các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và thứ ba có các đỉnh đáp ứng dương ở các vị trí (theo nm) tương ứng với, hoặc gần, các vị trí của các đỉnh của đáp ứng bước sóng dương của các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu chung (tức là cùng không gian màu). Đỉnh đáp ứng dương có thể được bố trí tại các vị trí tương ứng với giá trị cường độ tối đa cục bộ hoặc giá trị cường độ tối đa chung. Đỉnh đáp ứng dương có thể ở vị trí (theo nm) trong đó đạo hàm thứ nhất của cường độ đối với bước sóng bằng không (zero) và đạo hàm thứ hai nhỏ hơn không (zero). Đỉnh này có thể là đỉnh cường độ chủ yếu, hoặc cao nhất trong phổ bước sóng nhìn thấy được đối với hàm trọng số phụ thuộc bước sóng cụ thể.

Các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và thứ ba, mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương trong phổ bước sóng nhìn thấy được trong 20 nm, tốt hơn là trong 15 nm, tốt hơn nữa là trong 10 nm, của đỉnh đáp ứng dương của một hàm tương ứng trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn màu thứ nhất, thứ hai và thứ ba trong không gian màu chung. Tốt nhất là, các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và

thứ ba, mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương mà có cùng bước sóng đỉnh với đỉnh đáp ứng dương của một hàm tương ứng trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn màu thứ nhất, thứ hai và thứ ba trong không gian màu chung.

Theo một ví dụ, ba kênh trong số các kênh của CFA có các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng mà dựa trên đáp ứng bước sóng dương của ba hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB. Các kênh này là các kênh màu đỏ, lục và lam. Các bước sóng đỉnh của các hàm của các kênh màu đỏ, lục và lam của CFA tốt hơn là ở trong 20 nm của các bước sóng đỉnh của các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu (sRGB trong ví dụ trên đây). Tốt hơn nữa, chúng có thể ở trong 15 nm hoặc 10 nm của các bước sóng đỉnh của các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu. Tốt nhất là, chúng có cùng các bước sóng đỉnh với các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu.

Kênh thứ tư được bổ sung vào CFA mà có hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư mà có đỉnh đáp ứng dương trong độ lệch phổ bước sóng nhìn thấy được nhiều hơn 10 nm, tốt hơn là nhiều hơn 15 nm, tốt hơn nữa là nhiều hơn 20 nm hoặc 25 nm, từ các đỉnh đáp ứng dương của mỗi trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn nêu trên trong không gian màu chung.

Trong ví dụ này, kênh thứ tư có hàm trọng số phụ thuộc bước sóng mà được xác định dựa trên ít nhất một hàm trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu sRGB.

Theo một ví dụ, đáp ứng bước sóng âm (tức là phần của đường cong mà ở dưới trục x) của đường cong đỏ (được thể hiện ở khu vực 404) được lật về phía dương và được bổ sung dưới dạng kênh màu mới, sao cho hàm của kênh thứ tư có đáp ứng bước sóng dương. Điều này có thể đạt được theo cách thực hiện kỹ thuật đơn giản ưu tiên.

Các đỉnh nhỏ hơn âm (và dương) đối với đỏ và lục ở xung quanh phạm vi 440 nm (được thể hiện ở khu vực 405) cũng có thể được lấy xấp xỉ từ việc sử dụng kênh lam, tức là “kênh lam (B) * -x = phần lục âm của phổ (negG)”. Điều này cũng có thể được thực hiện nhờ sử dụng phép toán kiểu ma trận, tức là $\text{negG} = -x*B + y*G + z*B$. y và z có thể là dương, âm hoặc không (zero).

Tuy nhiên, không phải tất cả các đỉnh/phần tăng của các hàm có thể được thực thi dưới dạng kênh mới. Phần có ưu thế nhất và/hoặc “không đo màu” nhất có thể được chọn, như được giải thích dưới đây.

Như có thể thấy được trên Fig.3, hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đồ 301 trong không gian màu sRGB có đỉnh đáp ứng dương trong vùng đỏ của phổ bước sóng nhìn thấy được ở xấp xỉ 610 nm (cộng đỉnh đáp ứng dương nhỏ hơn nữa ở xấp xỉ 440 nm) và đỉnh đáp ứng âm bên ngoài vùng đỏ của phổ bước sóng nhìn thấy được, ở xấp xỉ 520 nm. Hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có đỉnh đáp ứng dương trong 20 nm, tốt hơn là trong 15 nm, hoặc tốt hơn nữa là trong 10 nm, của đỉnh đáp ứng âm đó (của hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đồ). Tốt nhất là, đỉnh đáp ứng dương của hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có cùng bước sóng đỉnh (tức là vị trí đỉnh theo nm) với đỉnh đáp ứng âm của hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đồ 301.

Phần âm của đáp ứng hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đồ do đó có thể được cắt và được sử dụng để tạo kênh màu thứ tư. Hàm trọng số phụ thuộc bước sóng đồ trừ hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư gần với hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đồ. Ma trận đơn giản có thể xử lý và đảo ngược các giá trị âm và dương để tạo ra hàm thứ tư. Kênh lam có thể được sử dụng để bù các giá trị âm đối với màu lục trong vùng lam và các giá trị dương đối với màu đỏ trong vùng lam.

Các đáp ứng kênh có thể được chuẩn tắc hóa dưới dạng các sự chênh lệch độ lớn thành các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn, như được thể hiện trên Fig.6. Điều này cũng có thể được xử lý bằng biến đổi tuyến tính, tức là điều kiện Luther-Ives không bị vi phạm. Các hàm của các kênh đỏ, lục và lam lần lượt được chỉ báo ở 601, 602 và 603 và hàm của kênh màu ‘ngọc bích’ mới được thể hiện ở 604.

Theo một cách thực hiện khác, các hàm so khớp màu có thể được sử dụng để tạo ra các hàm của các kênh mà là biến đổi tuyến tính của không gian màu đích đối với hoạt động biến đổi màu (như sRGB). Ví dụ, các hàm của bốn kênh của CFA có thể dựa trên các hàm so khớp màu CIE RGB. Các hàm này được thể hiện in Fig.5. Các hàm đỏ, lục và lam lần lượt được chỉ báo ở 501, 502 và 503. Các hàm này có lợi ích là có các phần ít hơn của các hàm mà có đáp ứng bước sóng âm (chỉ trong kênh đỏ). Các hàm CFA

được xác định từ các hàm so khớp màu CIE RGB được thể hiện dưới dạng (các đường liền nét) v2 trên Fig.6.

Trong ví dụ này, các bước sóng đỉnh của các hàm của các kênh màu đỏ, lục và lam của CFA ở trong 20 nm, tốt hơn là ở trong 15 nm, tốt hơn nữa là ở trong 10 nm, của các bước sóng đỉnh của các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu CIE RGB. Tốt nhất là, chúng có cùng các bước sóng đỉnh với các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu CIE RGB.

Trong ví dụ này, hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có đỉnh đáp ứng dương cao nhất ở trong 20 nm, tốt hơn là ở trong 15 nm, tốt hơn nữa là ở trong 10 nm, của đỉnh đáp ứng âm của hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ. Tốt nhất là, đỉnh đáp ứng dương của hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư có cùng bước sóng đỉnh với đỉnh đáp ứng âm của hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ 501.

Đối với RGB CFA, hàm trọng số phụ thuộc bước sóng của kênh thứ tư của CFA tốt hơn là có đỉnh đáp ứng dương cao nhất giữa từ xấp xỉ 510 đến 530 nm.

Mỗi hàm trong số bốn hàm của các kênh CFA có đáp ứng bước sóng dương và dải truyền qua đơn lẻ.

Khi bốn hàm của các kênh CFA được xác định dựa trên các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn CIE RGB (hoặc các hàm so khớp màu) việc biến đổi từ không gian màu CIE RGB sang không gian màu sRGB là ma trận cố định và sự kết hợp của hoạt động biến đổi đơn giản là $\text{Matrix_CIE_RGB2sRGB} * \text{Matrix_4ChSensor2CIE_RGB}$ (đảo các phần âm ban đầu của kênh đỏ và định tỷ lệ các độ nhạy và bù các độ không chính xác (chênh lệch so với hàm lý tưởng)).

Như có thể thấy được trên Fig.6, hàm của kênh màu đỏ 601 tốt hơn là không đáng kể khi hàm của kênh thứ tư 604 lớn hơn không (zero). Lý tưởng là, đáp ứng của kênh đỏ là không (zero) qua khoảng này, tuy nhiên trong cách thực hiện thực tế (ví dụ, vì các lý do khả năng sản xuất) đáp ứng có thể là rất nhỏ. Ví dụ, hàm thứ tư có thể có cường độ tương đối mà nhỏ hơn 10%, tốt hơn là nhỏ hơn 5%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 3% hoặc thậm chí tốt nhất là nhỏ hơn 1% của cường độ của kênh màu đỏ đối với bước sóng đã biết. Hàm thứ tư 604 tốt hơn là không đáng kể khi hàm của kênh đỏ 601 lớn hơn không

(zero). Ví dụ, hàm đỏ có thể có cường độ tương đối mà nhỏ hơn 10%, tốt hơn là nhỏ hơn 5%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 3% hoặc thậm chí tốt nhất là nhỏ hơn 1% của cường độ của hàm thứ tư đối với bước sóng đã biết.

CFA được mô tả ở đây do đó được thiết kế dựa trên đáp ứng phổ đầy đủ về lý thuyết (như đối với sRGB hoặc CIE RGB) và lấy các phần của các hàm mà có đáp ứng bước sóng âm và lật chúng dưới dạng các kênh màu dương mới. Bốn kênh của CFA do đó có các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng mà được xác định khi phụ thuộc vào các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu đích của hoạt động biến đổi màu sẽ được thực hiện bởi đường liên kết xử lý ảnh. Kết quả là, chỉ biến đổi tuyến tính là cần thiết từ không gian màu RGB của chính camera đến không gian màu RGB tiêu chuẩn.

Fig.7 thể hiện việc so sánh phổ sau khi hoạt động biến đổi màu (như ma trận hiệu chỉnh màu, color correction matrix - CCM) đã được áp dụng vào các giá trị đọc cảm biến ảnh được thu thập nhờ sử dụng CFA được mô tả trên đây, được thể hiện dưới dạng các đường đứt nét đậm (ví dụ 701), so với camera thường với CCM được tối ưu hóa cho D65 (ví dụ 702), camera thường với CCM được tối ưu hóa cho halogen (ví dụ 703) và các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB, được thể hiện dưới dạng các đường liền nét (ví dụ 704). Các kết quả từ CFA bốn kênh được mô tả ở đây là so khớp gần với các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn trong không gian màu sRGB và do đó rất gần để thỏa mãn điều kiện Luther-Ives.

Fig.8 thể hiện các giá trị hệ số biến đổi màu cho mỗi kênh trong số bốn kênh của CFA dưới dạng hàm của màu chiếu sáng cảnh. Các đường đứt nét thể hiện các hệ số biến đổi cảm biến RGB thông thường dưới các nguồn sáng khác nhau. Các đường liền nét thể hiện các hệ số ma trận biến đổi của CFA bốn kênh được mô tả ở đây dưới các nguồn sáng khác nhau. Các đường liền nét chắc chắn và ổn định hơn nhiều so với các nguồn sáng khác.

Các bộ lọc CFA do đó chủ yếu được thiết kế đồng thời với hoạt động biến đổi màu mà được thực hiện trong đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh sao cho giải pháp là rất gần với camera đo màu, nhưng tuy nhiên các hàm có độ nhạy tốt, tức là các dải truyền qua rộng, và các bộ lọc có thể thực hiện được trên thực tế (tức là chúng có các đáp ứng bước sóng dương). Ưu điểm chính là hoạt động biến đổi màu sang không gian màu sRGB về

cơ bản là độc lập với nguồn sáng và camera vẫn dễ bị ảnh hưởng bởi ánh sáng. Độ khuếch đại nhiễu âm của việc xử lý đầu cuối (end-to-end processing) từ dữ liệu cảm biến đến các màu RGB tiêu chuẩn cũng thấp, như được thể hiện trên Fig.8. Độ khuếch đại nhiễu âm có thể được lấy xấp xỉ từ các giá trị hệ số.

CFA được mô tả ở đây tốt hơn là có các hệ số tương tự hoặc nhỏ hơn (phụ thuộc vào kênh màu) so với cảm biến Bayer thông thường. Tất cả các bộ lọc có đáp ứng bước sóng dương và các sự chuyển tiếp khá nhẵn và do đó có thể thực hiện được. Các bộ lọc cũng có chỉ một dải truyền qua và do đó có thể thực thi được dễ dàng. Thiết kế đáp ứng phổ CFA bốn kênh có thể, theo một số cách thực hiện, cho phép gần với việc tái tạo màu đo màu.

CFA có thể được thực thi dưới dạng cảm biến ảnh có mảng hai chiều (tức là cách sắp xếp hoặc dãy có thứ tự) của các phần tử nhạy quang được tạo cấu hình để phát hiện cường độ của ánh sáng trên mỗi kênh trong số bốn kênh. Mỗi phần tử trong số các phần tử này bao gồm bộ lọc màu được tạo cấu hình để lọc ánh sáng theo một hàm trong số các hàm này. Dữ liệu ảnh thô được thu nạp bởi cảm biến ảnh sau đó có thể được chuyển đổi sang ảnh màu đầy đủ trong đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh, như sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Được minh họa giản lược trên Fig.9 là một ví dụ về đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh để xử lý màu mà có thể xử lý thuận tiện đầu ra của cảm biến ảnh mà thực thi CFA bốn kênh được mô tả trên đây. Theo các phương án khác, đường liên kết có thể bao gồm các khối bổ sung để thay đổi các dấu hiệu khác của ảnh.

Các đường liên kết xử lý màu hiện có giả định ở mức độ lớn dữ liệu đầu vào ba kênh từ CFA (sau khi nội suy Bayer, hoặc khử khảm) mà sau đó được biến đổi thành không gian màu tiêu chuẩn đích và các màu dễ chịu, trong đó đầu ra cũng ở trên ba kênh. Đường liên kết màu được mô tả ở đây có thể xử lý dữ liệu đầu vào bốn kênh, nhưng cũng có thể được sử dụng để xử lý các giá trị đọc cảm biến ảnh trên ba kênh hoặc nhiều hơn bốn kênh.

Đường liên kết xử lý màu nhận dưới dạng các giá trị đọc cảm biến ảnh đầu vào 901. Các giá trị đọc cảm biến ảnh có thể ở trên ba, bốn, hoặc nhiều hơn bốn kênh. Các giá trị đọc cảm biến ảnh được nhận bởi bộ xử lý có thể ở trên ba kênh, trong đó CFA

thông thường được sử dụng (sau khi khử khảm), hoặc trên bốn kênh trong đó các giá trị đọc cảm biến ảnh sử dụng CFA được mô tả trên đây được sử dụng làm đầu vào. Trong việc xử lý dữ liệu CFA thông thường, việc khử khảm tạo ra ảnh có độ phân giải đầy đủ từ ảnh thô (RAW) được lấy mẫu Bayer. Giữa cảm biến và môđun khử khảm, dữ liệu bốn kênh (RGGB) có thể được truyền.

Trong ví dụ này, môđun hiệu chỉnh vệt thấu kính (lens shading correction, LSC) 902 hiệu chỉnh các sự phi lý tưởng màu trong các giá trị đọc cảm biến ảnh (tức là thực hiện tạo bóng màu) gây ra bởi góc tới của ánh sáng và vị trí không gian của cảm biến. Môđun LSC có thể hoạt động trên dữ liệu được đưa vào trên hai kênh lục khác nhau một cách riêng rẽ. Ảnh tạo thành 903 có các khía cạnh này được hiệu chỉnh. Theo cách khác, các giá trị đọc cảm biến ảnh có thể chuyển sang môđun biến đổi 904 một cách trực tiếp.

Môđun biến đổi 904 áp dụng hoạt động biến đổi thứ nhất (hoạt động biến đổi màu) vào các giá trị đọc cảm biến ảnh. Hoạt động biến đổi thứ nhất biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh từ không gian màu nguồn (không gian màu của cảm biến ảnh của camera mà đã thu nạp ảnh) sang không gian màu đích. Không gian màu đích có thể là một không gian trong số không gian màu sRGB, không gian màu Adobe RGB, không gian màu Rec2020, không gian màu DCI-P3, hoặc không gian màu thích hợp khác bất kỳ.

Hoạt động biến đổi thứ nhất có thể được thực hiện bằng cách áp dụng ma trận vào các giá trị đọc cảm biến ảnh. Theo cách khác, hoạt động biến đổi thứ nhất có thể được áp dụng bởi một phương pháp khác, như sử dụng bảng tra. Hoạt động biến đổi màu có thể được tính toán theo nhiều cách hoặc có thể được thay thế bằng phương pháp biến đổi khác. Khi ma trận được sử dụng, ma trận có thể là ma trận 3x3 hoặc ma trận 3x4, tùy thuộc vào số lượng kênh đầu vào của các giá trị đọc cảm biến ảnh (tức là khi CFA ba kênh hoặc bốn kênh được sử dụng).

Khi CFA bốn kênh được mô tả trên đây được sử dụng, hoạt động biến đổi thứ nhất có thể là hoạt động biến đổi định trước, do trong trường hợp này hoạt động biến đổi màu có thể độc lập với màu chiếu sáng của ảnh nguồn.

Một khi các giá trị đọc cảm biến ảnh đã được biến đổi sang không gian màu đích, dẫn đến ảnh 905, màu chiếu sáng của cảnh của ảnh nguồn được ước lượng và sự phối ứng được thực hiện ở môđun phối ứng 906. Tại môđun phối ứng 906, hoạt động biến

đôi thứ hai được thực hiện để biến đổi tập hợp các giá trị đọc được biến đổi dựa trên màu chiếu sáng được ước lượng để tạo ra ảnh đầu ra 907. Ảnh đầu ra 907 có thể là cảnh của ảnh nguồn dưới nguồn sáng chính tắc (ánh sáng trắng). Các mô hình thích ứng không hoàn toàn cũng có thể được sử dụng. Trong trường hợp này, ảnh được hiệu chỉnh sao cho khi được nhìn dưới sự chiếu sáng được tạo màu điểm trắng không gian màu cuối cùng (ví dụ, không gian màu tiêu chuẩn tương thích màu trắng hiển thị), cảm giác ảnh giống như khi sự phối ứng bộ quan sát của người xảy ra dưới màu chiếu sáng gốc. Màu chiếu sáng đối với ảnh nguồn do đó được ước lượng và được hiệu chỉnh để tiếp theo việc thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất.

Màu chiếu sáng của cảnh có thể được ước lượng dựa trên các giá trị đọc cảm biến ảnh. Điều này có thể được thực hiện nhờ sử dụng thuật toán AWB, thuật toán ước lượng nguồn sáng, hoặc các phương pháp thông thường khác. Theo cách khác, màu chiếu sáng cảnh có thể được ước lượng dựa trên các giá trị đọc từ cảm biến phổ bên ngoài. Các giá trị đọc từ cảm biến phổ được minh họa ở 910 trên Fig.9. Có thể giả định rằng nguồn sáng cảnh giống như nguồn sáng được ghi bởi cảm biến phổ. Theo một ví dụ, cảm biến phổ có thể đo nguồn sáng màu. Sau đó, hoạt động biến đổi tối ưu có thể được tính toán cho tất cả các màu phản xạ bề mặt khả thi (hoặc đáng kể). Theo một ví dụ khác, cảm biến phổ có thể ghi phổ được phản xạ (hoặc phổ không gian) và hoạt động biến đổi có thể được tối ưu hóa cho chỉ các màu cảnh cụ thể. Sự kết hợp của các cách tiếp cận này cũng là khả thi. Do đó, màu chiếu sáng của cảnh, và vì vậy hoạt động biến đổi thứ hai, có thể được xác định từ các giá trị đọc cảm biến phổ. Màu chiếu sáng cảnh cũng có thể là hỗn hợp của nguồn sáng và nội dung cảnh, vì vậy hoạt động biến đổi thứ hai có thể được xác định phụ thuộc vào sự kết hợp của các giá trị đọc của các cảm biến ảnh và các giá trị đọc cảm biến phổ.

Trong cách thực hiện phân cứng hữu ích bổ sung, với trường nhìn (field of view, FOV) rộng, thông tin cảm biến phổ có thể được sử dụng để ước lượng cân bằng trắng bộ quan sát của người. Do việc này được thực hiện trong không gian con người, nên lỗi bất kỳ trong quy trình này có thể tự nhiên hơn. Với FOV gần với bộ quan sát của người, lỗi sẽ tương tự một cách tự nhiên với những gì đã được quan sát. Với FOV hẹp, lỗi có thể được tạo ra tự nhiên hơn bằng cách, ví dụ, làm giảm mức độ phối ứng, sau đó ảnh sẽ được làm thích ứng ít hơn một cách tự nhiên (ví dụ được cân bằng trắng).

Đầu ra của bộ xử lý tín hiệu ảnh là dữ liệu ảnh trong, ví dụ, không gian màu RGB hoặc không gian màu YUV. Các không gian màu khác có thể được sử dụng.

Như được thể hiện trên Fig.9, tùy chọn là bộ xử lý tín hiệu ảnh được tạo cấu hình để nâng cao màu của ảnh đầu ra ở môđun nâng cao 908, sử dụng, ví dụ, bảng tra (lookup table, LUT) 3D, để tạo ảnh được nâng cao 908.

Nếu CFA ba kênh thông thường được đưa vào ISP được sử dụng, thì hoạt động biến đổi màu (hoạt động biến đổi thứ nhất) không độc lập với nguồn sáng. Trong trường hợp này, cảm biến phổ bên ngoài có thể được sử dụng để xác định các hoạt động biến đổi thứ nhất và thứ hai. Các giá trị đọc từ cảm biến phổ được minh họa ở 910 trên Fig.9. Có thể giả định rằng nguồn sáng cảnh giống như nguồn sáng được ghi bởi cảm biến phổ và màu chiếu sáng có thể được xác định từ các giá trị đọc cảm biến phổ như được mô tả trên đây. Do đó, màu chiếu sáng của cảnh, và vì vậy hoạt động biến đổi thứ hai, cũng có thể được xác định từ các giá trị đọc cảm biến phổ. Màu chiếu sáng cảnh cũng có thể là hỗn hợp của nguồn sáng và nội dung cảnh, vì vậy hoạt động biến đổi thứ hai còn có thể được xác định phụ thuộc vào các giá trị đọc của các cảm biến ảnh. Do đó, trong trường hợp này, các hoạt động biến đổi thứ nhất và thứ hai dựa trên các giá trị đọc cảm biến phổ.

Do đó, bộ xử lý tín hiệu ảnh được tạo cấu hình để nhận tập hợp các giá trị đọc cảm biến ảnh tương ứng với cảnh của ảnh nguồn trong không gian màu nguồn trên các kênh và thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất (hoạt động biến đổi màu) trong đó tập hợp các giá trị đọc cảm biến ảnh tương ứng với cảnh của ảnh nguồn trong không gian màu nguồn được biến đổi sang không gian màu đích để tạo ra tập hợp các giá trị đọc được biến đổi. Sau khi màu chiếu sáng của cảnh đã được ước lượng, bộ xử lý tín hiệu ảnh được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động biến đổi thứ hai (phối ứng/cân bằng trắng tự động (AWB)) trong đó tập hợp các giá trị đọc được biến đổi được biến đổi dựa trên màu chiếu sáng được ước lượng để tạo ra ảnh đầu ra. Do đó, hoạt động biến đổi thứ nhất được thực hiện để biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh đến không gian màu định trước nào đó, và sau đó kết quả có thể được biến đổi sang không gian màu khác nào đó. Theo một phương án, hoạt động biến đổi thứ nhất và hoạt động biến đổi thứ hai được kết hợp và được áp dụng vào các giá trị đọc cảm biến ảnh dưới dạng ma trận đơn lẻ.

Đường liên kết ISP được mô tả ở đây làm việc tương tự với hệ thống thị giác con người hơn so với các ISP thông thường. Việc phối ứng (hoặc AWB) được thực hiện sau đó trong đường liên kết sau hoạt động biến đổi màu. Việc phối ứng là phân thach thức và có tính quyết định nhất của việc xử lý màu. Khi hoạt động biến đổi màu được thực hiện trước AWB, lỗi bất kỳ trong AWB sẽ không được cải thiện nhiều như thể AWB đã được thực hiện trước hoạt động biến đổi màu. Thông thường, hoạt động biến đổi màu sẽ cải thiện các lỗi. Lỗi phối ứng/AWB bất kỳ trong không gian bộ quan sát tiêu chuẩn (tức là sau khi biến đổi) có xu hướng tự nhiên và dễ chịu hơn cho người dùng cuối cùng.

Bộ xử lý tín hiệu ảnh được mô tả trên đây có ưu điểm cụ thể khi nó nhận dưới dạng đầu vào đầu ra của cảm biến ảnh mà có bốn kênh, trong đó ba kênh trong số các kênh này có các đầu ra được tạo ra theo các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất, thứ hai và thứ ba tương ứng mà mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương cao nhất trong phổ bước sóng nhìn thấy được ở trong 20 nm của đỉnh đáp ứng dương cao nhất của một hàm tương ứng trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn màu thứ nhất, thứ hai và thứ ba trong không gian màu chung, và kênh thứ tư với đầu ra được tạo ra theo hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư mà có đỉnh đáp ứng dương cao nhất trong độ lệch phổ bước sóng nhìn thấy được nhiều hơn 10 nm từ các đỉnh đáp ứng dương của các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn này. Đây là ưu điểm cụ thể khi các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn thứ nhất, thứ hai và thứ ba là các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn đỏ, lục và lam trong không gian màu chung, như sRGB hoặc CIE RGB. Trong trường hợp này, hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư tốt hơn là có đỉnh nkt 510 đến 530 nm. Các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng của mỗi kênh trong số các kênh có thể được tạo ra như được mô tả trên đây.

Theo một số cách thực hiện, cùng một thiết bị có thể có nhiều cảm biến ảnh. Trong trường hợp này, các giá trị đọc cảm biến ảnh từ tất cả các cảm biến ảnh có thể được truyền đến cùng không gian màu chung trước tiên. Sau đó một sự tối ưu hóa cho thuật toán AWB có thể được sử dụng cho tất cả các cảm biến, liệu thuật toán là AI (artificial intelligence - trí tuệ nhân tạo) hay không học. Điều này là khó khi sử dụng cách tiếp cận thông thường, do nó đòi hỏi các phép tính phụ để làm giảm các sự chênh lệch giữa các cảm biến.

Hoạt động biến đổi màu có thể được tối ưu hóa bằng cách thu nhận tập hợp các đáp ứng phổ màu và tính toán cách mà CFA nhìn thấy chúng và cách mà các bộ quan sát tiêu chuẩn nhìn thấy chúng. Sau đó, ma trận có thể được tối ưu hóa để tối thiểu hóa hoạt động biến đổi từ các màu camera (không gian màu nguồn) sang không gian màu tiêu chuẩn (tức là các màu được nhìn thấy bởi các bộ quan sát tiêu chuẩn). Điều này có thể được thực hiện, ví dụ, với hàm giả nghịch đảo đơn giản hoặc thuật toán giảm gradien. Phương trình cơ bản được thể hiện dưới đây:

$$T_{\text{std}} = M \cdot S_{\text{cam}} \quad (1)$$

trong đó T_{std} là các màu tiêu chuẩn đích, M là ma trận biến đổi (3x3 sử dụng đầu ra của CFA thông thường, sau khi khử khảm, nhưng với CFA bốn kênh thì đó là 3x4), S_{cam} là các màu được nhìn thấy một cách tự nhiên bởi camera.

Fig.10 so sánh đường liên kết theo sáng chế với đường liên kết xử lý tín hiệu ảnh thông thường (LSC = hiệu chỉnh vật thấu kính, AWB = cân bằng trắng tự động, CCM = ma trận hiệu chỉnh màu, LUT = bảng tra). Trong đường liên kết thông thường, các giá trị đọc cảm biến ảnh 1001 được nhận và LSC được thực hiện ở môđun 1002. Sau đó AWB được thực hiện ở môđun 1003 trong đó màu chiếu sáng cảnh được ước lượng và ảnh được hiệu chỉnh theo đó. Sau AWB, hoạt động biến đổi màu được thực hiện ở môđun 1004, và các sự cải thiện màu có thể được thực hiện ở môđun 1005 để đưa ảnh cuối cùng 1006.

Trong các đường liên kết thông thường như vậy thì không thể biến đổi sang không gian màu đích một cách trực tiếp do hoạt động biến đổi là phụ thuộc nguồn sáng và nguồn sáng không được biết đến ở giai đoạn này. Do đó, trước tiên, AWB đã được áp dụng theo cách thông thường mà ước lượng nguồn sáng và hiệu chỉnh điểm trắng. Sau đó, hoạt động biến đổi màu có thể được thực hiện. Hoạt động biến đổi được tối ưu hóa theo cách thông thường dựa trên nguồn sáng được ước lượng bởi AWB.

Theo cách tiếp cận được mô tả ở đây, hoạt động biến đổi màu được thực hiện trước khi ước lượng nguồn sáng và phối ứng/AWB. Điều này là khả thi do, đối với các giá trị đọc cảm biến ảnh được đưa ra từ CFA bốn kênh, hoạt động biến đổi là độc lập với nguồn sáng. Khi CFA ba kênh được sử dụng, hoạt động biến đổi màu có thể được xác định nhờ

sử dụng cảm biến phổ bên ngoài. Thông tin cảm biến phổ phụ cho phép tính toán hoạt động biến đổi đồng thời.

CFA bốn kênh kết hợp với hàm đường liên kết theo cách tương tự với hệ thống thị giác con người (human visual system, HVS) nhưng được tối ưu hóa đối với nhiễu âm và việc xử lý màu mạnh mẽ.

CFA có thể, theo một số cách thực hiện, cho phép việc xử lý màu dễ dàng hơn và chính xác hơn. CFA hỗ trợ cách tiếp cận xử lý màu trong đó hoạt động biến đổi RGB của camera sang bộ quan sát tiêu chuẩn được thực hiện trước tiên trước sự phối ứng/AWB. Không có các sự thay đổi đáng kể cần thiết cho ISP hiện hành. Việc biến đổi độc lập với nguồn sáng được áp dụng khi bắt đầu đường liên kết, mà sau đó nó làm việc trong đường liên kết RGB thông thường (nhưng gần bộ quan sát tiêu chuẩn hơn nhiều).

Mặc dù thứ tự của các công đoạn được thay đổi trong cách tiếp cận được mô tả ở đây, nhưng các khối phần cứng cũ có thể được sử dụng. AWB + CCM hoặc biến đổi $3 \times 3 - 4$ + các sự biến đổi phối ứng có thể được tính toán thành ma trận đơn lẻ. Do đó, đường liên kết khác với đường liên kết xử lý màu thông thường nhưng có thể sử dụng hàm CCM của việc xử lý màu thông thường.

Hơn nữa, một phần của phần tăng thêm trong CCM kết hợp có thể được trích xuất để được thực thi với khối tăng AWB của ISP. Điều này có thể được giải theo toán học là:

$$CCM1 = CCM2 * WB \quad (2)$$

Ở đây, CCM1 là ma trận hiệu chỉnh màu kết hợp mà thực hiện các hai hoạt động biến đổi (hoạt động biến đổi màu và phối ứng). Trong phương trình (2), ma trận này được chia tách thành hai giai đoạn, như trong ISP thông thường: các gia lượng cân bằng trắng (WB) chéo và CCM (CCM2). $ImageOut = CCM1 * ImageIn$ được cải biến dưới dạng $ImageOut = CCM2 * WB * ImageIn$. Để giữ tổng hiệu quả xử lý không đổi, điều được đòi hỏi là giải phương trình (2).

WB có thể được thiết đặt là ma trận loại cân bằng trắng chéo chính xác, hoặc ma trận đường chéo bất kỳ mà có thể được cấp cho khối tăng ISP AWB. Sau đó, một cách khả thi để giải phương trình (2) là:

$$CCM2 * WB * WB^{-1} = CCM1 * WB^{-1} \quad (3)$$

Do đó:

$$CCM2 = CCM1 * WB^{-1} \quad (4)$$

Các giá trị WB cho việc chia tách có thể được thiết đặt bằng cách giải quyết vấn đề tối ưu hóa, với mục tiêu tối ưu hóa tất cả các tính chất mong muốn của việc xử lý. Ví dụ, việc tối thiểu hóa tổng lượng tăng của việc xử lý (lợi ích nhiều âm thấp hơn), hoặc giới hạn các lượng tăng CCM, nếu, ví dụ, khối ISP CCM có giới hạn hệ số tối đa nào đó. Cũng có thể có tiêu chuẩn tối ưu hóa khác nào đó. Ví dụ, có thể có một thuật toán xử lý khác, như khôi phục khu vực sáng (highlight recovery), mà có thể thu được lợi ích từ khoảng tăng nhất định trong khối cân bằng trắng ISP. Việc tối ưu hóa phần cân bằng trắng của việc chia tách có thể được thực hiện theo các cách khác nhau. Ví dụ, việc sử dụng phương pháp toán học giải tích hoặc phương pháp lặp.

Thứ tự xử lý đảo ngược (hoạt động biến đổi màu trước AWB) trong ISP cũng có thể được sử dụng để biến đổi dữ liệu thành không gian màu độc lập với camera nào đó. Việc này có thể, ví dụ, tối thiểu hóa nỗ lực huấn luyện AI (cùng một việc huấn luyện đối với nhiều camera).

Fig.11 thể hiện lưu đồ minh họa một ví dụ về phương pháp biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh. Ở bước 1101, phương pháp này bao gồm bước nhận các giá trị đọc cảm biến ảnh tương ứng với cảnh của ảnh nguồn trong không gian màu nguồn trên các kênh. Ở bước 1102, phương pháp này bao gồm bước thực hiện hoạt động biến đổi thứ nhất để biến đổi các giá trị đọc cảm biến ảnh thành không gian màu đích để tạo ra tập hợp các giá trị đọc được biến đổi. Ở bước 1103, phương pháp này bao gồm bước ước lượng màu chiếu sáng đối với ảnh nguồn. Ở bước 1104, phương pháp này bao gồm bước thực hiện hoạt động biến đổi thứ hai để biến đổi tập hợp các giá trị đọc được biến đổi dựa trên màu chiếu sáng được ước lượng để tạo ra ảnh đầu ra.

Fig.12 thể hiện một ví dụ về thiết bị tạo ảnh, như camera, được tạo cấu hình để thực thi thiết bị để xử lý tập hợp các điểm ảnh màu của ảnh sử dụng CFA và bộ xử lý tín hiệu ảnh để xử lý các ảnh được chụp bởi cảm biến ảnh 1202 trong thiết bị 1201. Thiết bị 1201 này thường bao gồm khả năng xử lý có sẵn nào đó. Điều này có thể được cung

cấp bởi bộ xử lý 1204. Bộ xử lý 1204 cũng có thể được sử dụng cho các chức năng cốt lõi của thiết bị. Thiết bị này thường cũng bao gồm bộ nhớ 1203.

Bộ thu-phát 1205 có khả năng truyền thông qua mạng với các thực thể khác 1210, 1211. Các thực thể đó có thể ở xa về mặt vật lý với thiết bị 1201. Mạng có thể là mạng truy cập được công cộng như internet. Các thực thể 1210, 1211 có thể dựa trên đám mây. Theo một ví dụ, thực thể 1210 là thực thể tính toán và thực thể 1211 là thực thể lệnh và điều khiển. Các thực thể này các thực thể logic. Trên thực tế, các thực thể này, mỗi thực thể có thể được cung cấp bởi một hoặc nhiều thiết bị vật lý như các máy chủ và các kho lưu trữ dữ liệu, và các chức năng của hai hoặc nhiều hơn hai thực thể trong số các thực thể này có thể được cung cấp bởi một thiết bị vật lý đơn lẻ. Mỗi thiết bị vật lý thực thi thực thể bao gồm bộ xử lý và bộ nhớ. Các thiết bị cũng có thể bao gồm bộ thu-phát để truyền dữ liệu đến và nhận dữ liệu từ bộ thu-phát 1205 của thiết bị 1201. Bộ nhớ lưu trữ theo cách không tạm thời mà thực hiện được bởi bộ xử lý để thực thi thực thể tương ứng theo cách được mô tả ở đây.

Thực thể lệnh và điều khiển 1211 có thể lưu trữ và/hoặc huấn luyện các thuật toán hoặc các mô hình được sử dụng trong đường liên kết. Đây thường là tác vụ mạnh về tính toán, mặc dù mô hình tạo thành có thể được mô tả một cách hiệu quả, vì vậy nó có thể có hiệu quả cho sự phát triển của thuật toán hoặc mô hình được thực hiện trong đám mây, trong đó có thể đoán trước được rằng tài nguyên tính toán năng lượng đáng kể năng lượng đáng kể là khả dụng. Có thể đoán trước được rằng việc này hiệu quả hơn so với việc tạo một mô hình ở thiết bị tạo ảnh thông thường.

Theo một cách thực hiện, một khi các thuật toán đã được phát triển trong đám mây, thực thể lệnh và điều khiển có thể tạo ra một cách tự động mô hình tương ứng và làm cho nó được truyền đến thiết bị liên quan. Trong ví dụ này, hệ thống được thực thi ở thiết bị 1201 bởi bộ xử lý 1204.

Theo một cách thực hiện khả thi khác, ảnh có thể được thu nạp bởi cảm biến 1202 và dữ liệu ảnh có thể được gửi bởi bộ thu-phát 1205 đến đám mây để xử lý trong hệ thống. Ảnh đích tạo thành sau đó có thể được gửi trở lại thiết bị 1201, như được thể hiện ở 1212 trên Fig.12.

Do đó, phương pháp này có thể được triển khai theo nhiều cách, ví dụ trong đám mây, trên thiết bị, hoặc theo cách khác là trong phần cứng chuyên dụng. Như được chỉ báo trên đây, phương tiện đám mây có thể thực hiện việc huấn luyện để phát triển các thuật toán mới hoặc cải tiến các thuật toán hiện có. Tùy thuộc vào khả năng tính toán gần tập dữ liệu nguyên thủy (data corpus), việc huấn luyện có thể hoặc được thực hiện gần dữ liệu nguồn, hoặc có thể được thực hiện trong đám mây, ví dụ sử dụng cơ chế suy luận. Hệ thống này cũng có thể được thực thi tại thiết bị, trong phần chuyên dụng của phần cứng, hoặc trong đám mây.

Từ đó, chủ đơn bộc lộ tách riêng mỗi dấu hiệu riêng được mô tả ở đây và sự kết hợp bất kỳ của hai hoặc nhiều hơn hai dấu hiệu như vậy, trong phạm vi mà các dấu hiệu hoặc các sự kết hợp đó có khả năng được thực hiện toàn bộ dựa trên sáng chế dưới góc độ của sự nhận biết chung thông thường của người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng, bất kể liệu các dấu hiệu hoặc các sự kết hợp của các dấu hiệu đó có giải quyết các vấn đề bất kỳ được bộc lộ ở đây hay không, và không giới hạn phạm vi của yêu cầu bảo hộ. Chủ đơn chỉ ra rằng các khía cạnh của sáng chế có thể bao gồm dấu hiệu riêng như vậy bất kỳ hoặc sự kết hợp của các dấu hiệu. Đối với phần mô tả trên đây, điều sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng là các sự cải biến khác nhau có thể được thực hiện nằm trong phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị (1201) để xử lý tập hợp các điểm ảnh màu của ảnh để tạo ra, đối với ít nhất một điểm ảnh, đầu ra trên bốn kênh, trong đó thiết bị này được tạo cấu hình để:

tạo ra các đầu ra cho ba trong số các kênh theo các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ nhất (601), thứ hai (602) và thứ ba (603) tương ứng mà mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương trong phổ bước sóng nhìn thấy được trong 20 nm của đỉnh đáp ứng dương của một hàm tương ứng trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn màu thứ nhất (301, 401, 501), thứ hai (302, 402, 502) và thứ ba (303, 403, 503) trong không gian màu chung; và

tạo ra đầu ra cho kênh thứ tư theo hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư (604) mà có đỉnh đáp ứng dương trong độ lệch phổ bước sóng nhìn thấy được nhiều hơn 10 nm từ các đỉnh đáp ứng dương của mỗi hàm trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn (301, 302, 303, 401, 402, 403, 501, 502, 503);

trong đó một hàm trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn (301, 401, 501) trong không gian màu chung có đỉnh đáp ứng dương trong vùng đỏ của phổ bước sóng nhìn thấy được và đỉnh đáp ứng âm bên ngoài vùng đỏ của phổ bước sóng nhìn thấy được, và trong đó hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư (604) có đỉnh đáp ứng dương nằm trong 20 nm của đỉnh đáp ứng âm đó.

2. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó ba kênh trong số các kênh lần lượt là các kênh màu đỏ, lục và lam.

3. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư (604) có đỉnh đáp ứng dương nằm trong khoảng từ 510 nm đến 530 nm.

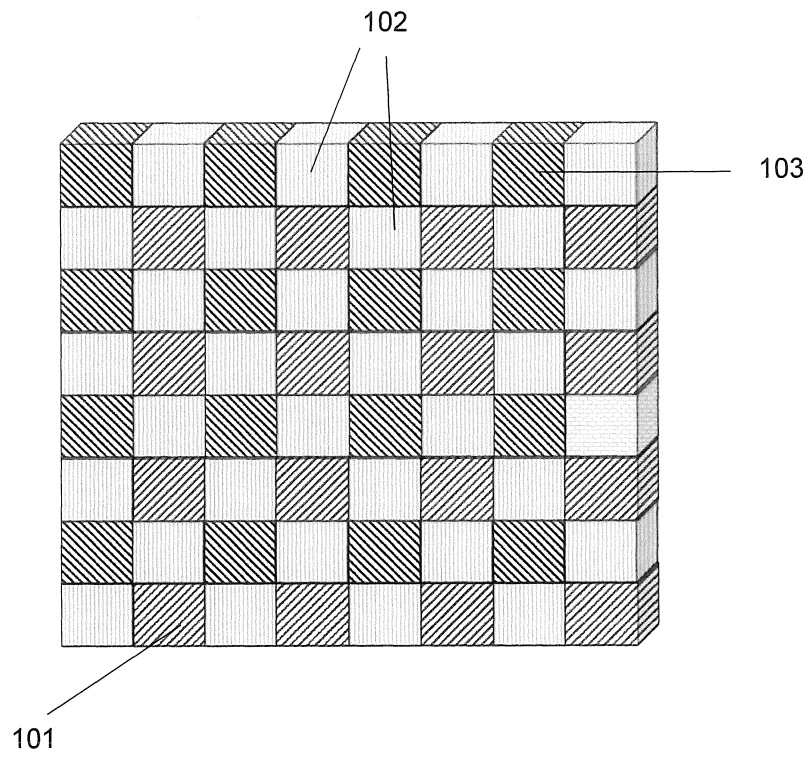
4. Thiết bị (1201) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư (601, 602, 603, 604) mỗi hàm có đỉnh đáp ứng dương đơn lẻ trong phổ bước sóng nhìn thấy được.

5. Thiết bị (1201) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó ít nhất một đỉnh đáp ứng dương được liên kết với mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư (601, 602, 603, 604) là giá trị tối đa cục bộ hoặc giá trị tối đa chung.

6. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó một hàm trong số các hàm bộ quan sát tiêu chuẩn (301, 401, 501) đó trong không gian màu chung là hàm bộ quan sát tiêu chuẩn của kênh màu đỏ.
7. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó đỉnh đáp ứng dương của hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư (604) có cùng bước sóng đỉnh với đỉnh đáp ứng âm.
8. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó hàm trọng số phụ thuộc bước sóng của kênh màu đỏ (601) là không đáng kể khi hàm trọng số phụ thuộc bước sóng thứ tư (604) lớn hơn không (zero).
9. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó không gian màu chung là một không gian màu trong số không gian màu sRGB, không gian màu CIE RGB, không gian màu Adobe RGB, không gian màu Rec2020 hoặc không gian màu DCI-P3.
10. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư (601, 602, 603, 604) có đáp ứng bước sóng dương.
11. Thiết bị (1201) theo điểm 1, trong đó mỗi hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư (601, 602, 603, 604) có dải truyền qua đơn lẻ.
12. Thiết bị (1201) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thiết bị (1201) bao gồm cảm biến ảnh (1202) có một hoặc nhiều mảng hai chiều của các phần tử nhạy quang, trong đó một hoặc nhiều mảng hai chiều được tạo cấu hình để phát hiện cường độ của ánh sáng trên mỗi kênh trong số bốn kênh.
13. Thiết bị (1201) theo điểm 12, trong đó mỗi mảng trong số các mảng hai chiều của các phần tử nhạy quang bao gồm bộ lọc màu được tạo cấu hình để lọc ánh sáng theo một hàm trong số các hàm trọng số phụ thuộc bước sóng từ thứ nhất đến thứ tư (601, 602, 603, 604).

1 / 11

Fig.1



2 / 11

Fig.2

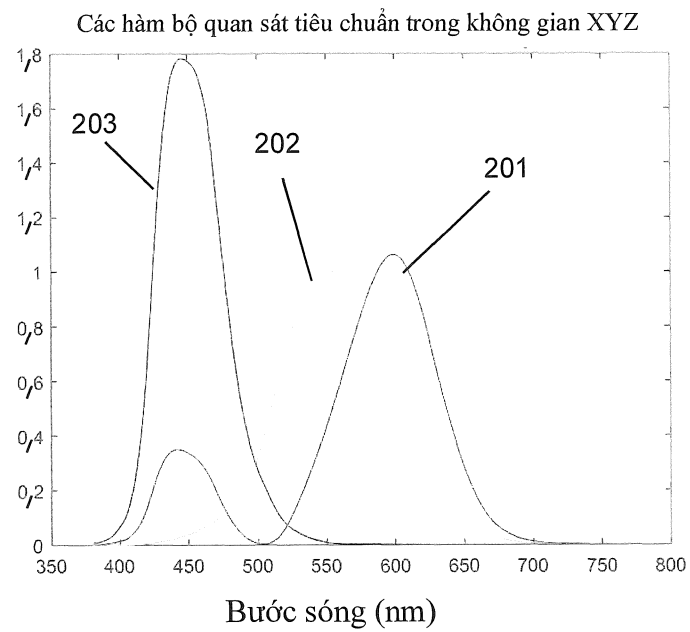
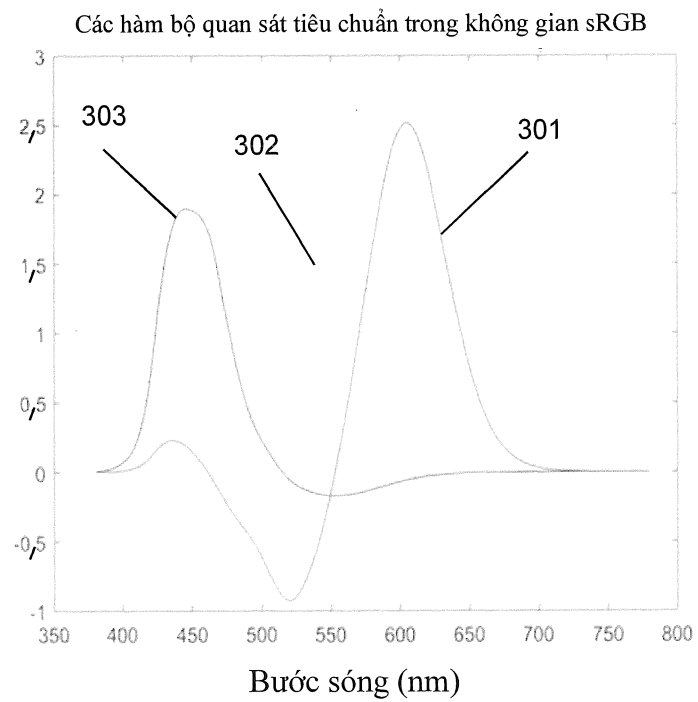
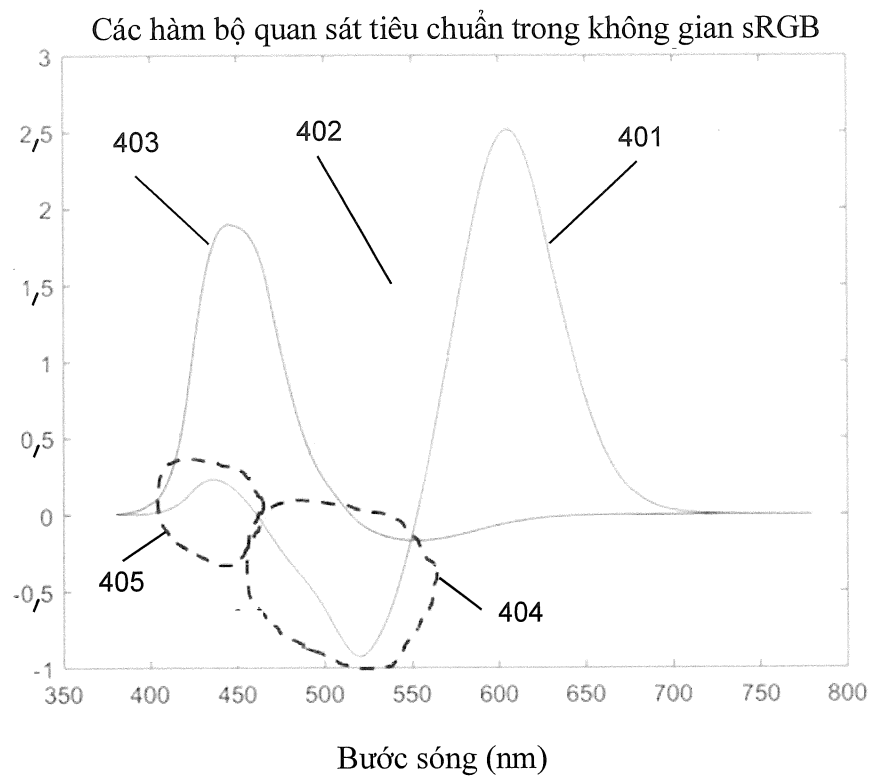


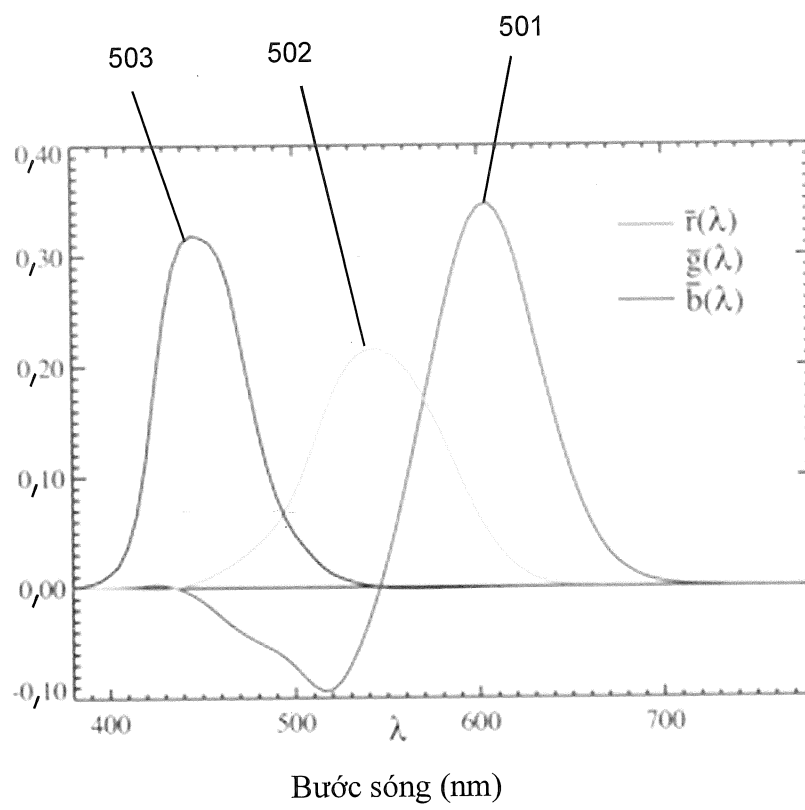
Fig.3





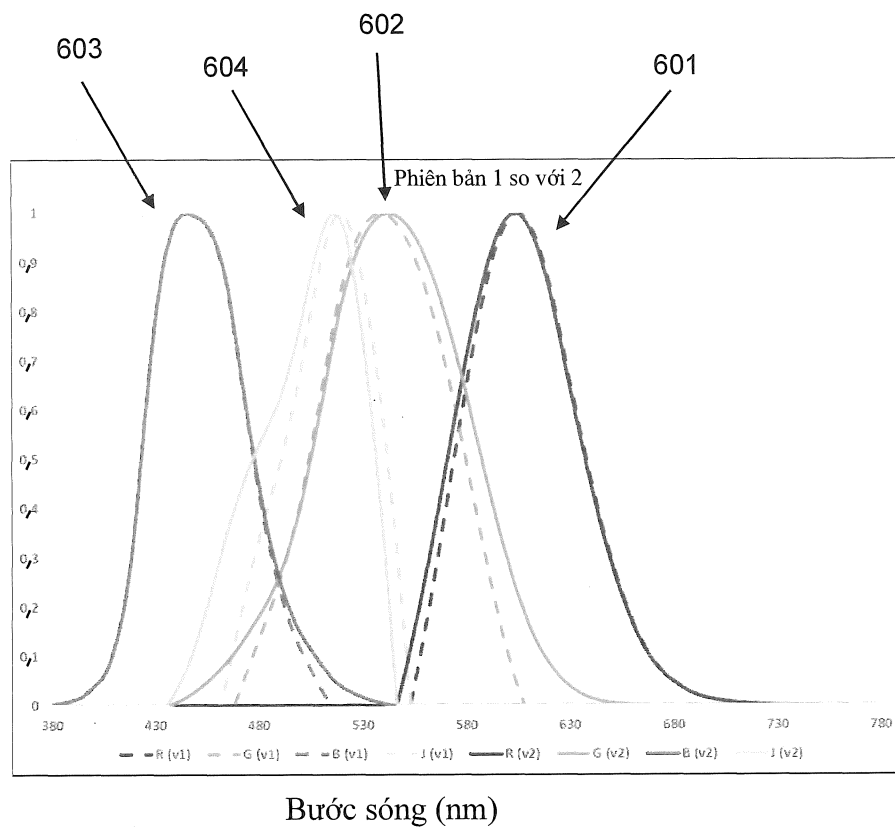
4 / 11

Fig.5



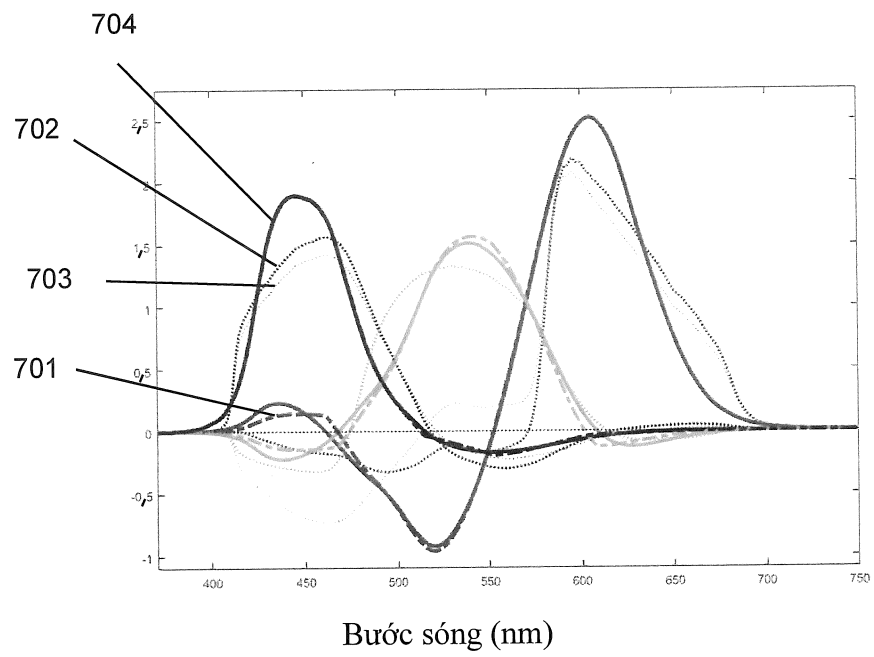
5 / 11

Fig.6



6 / 11

Fig.7



7 / 11

Fig.8

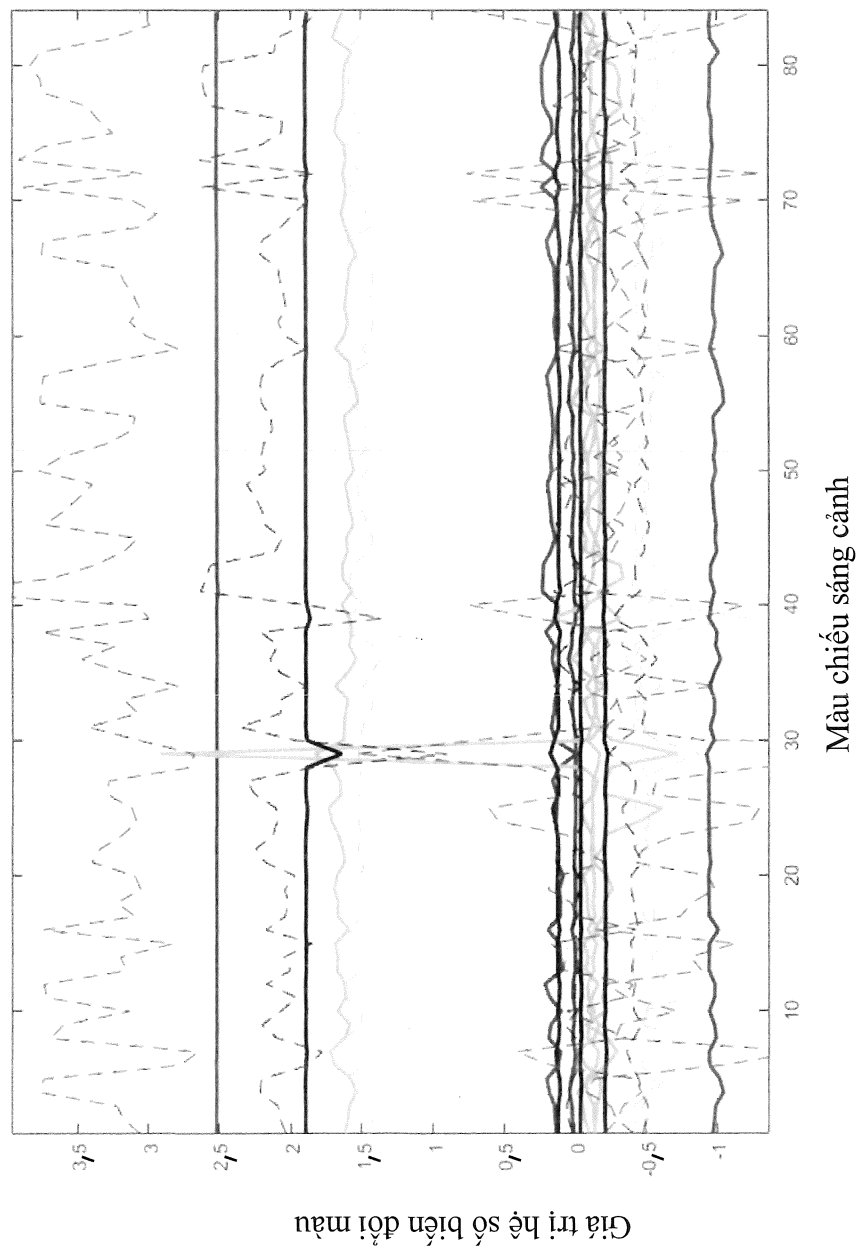


Fig.9

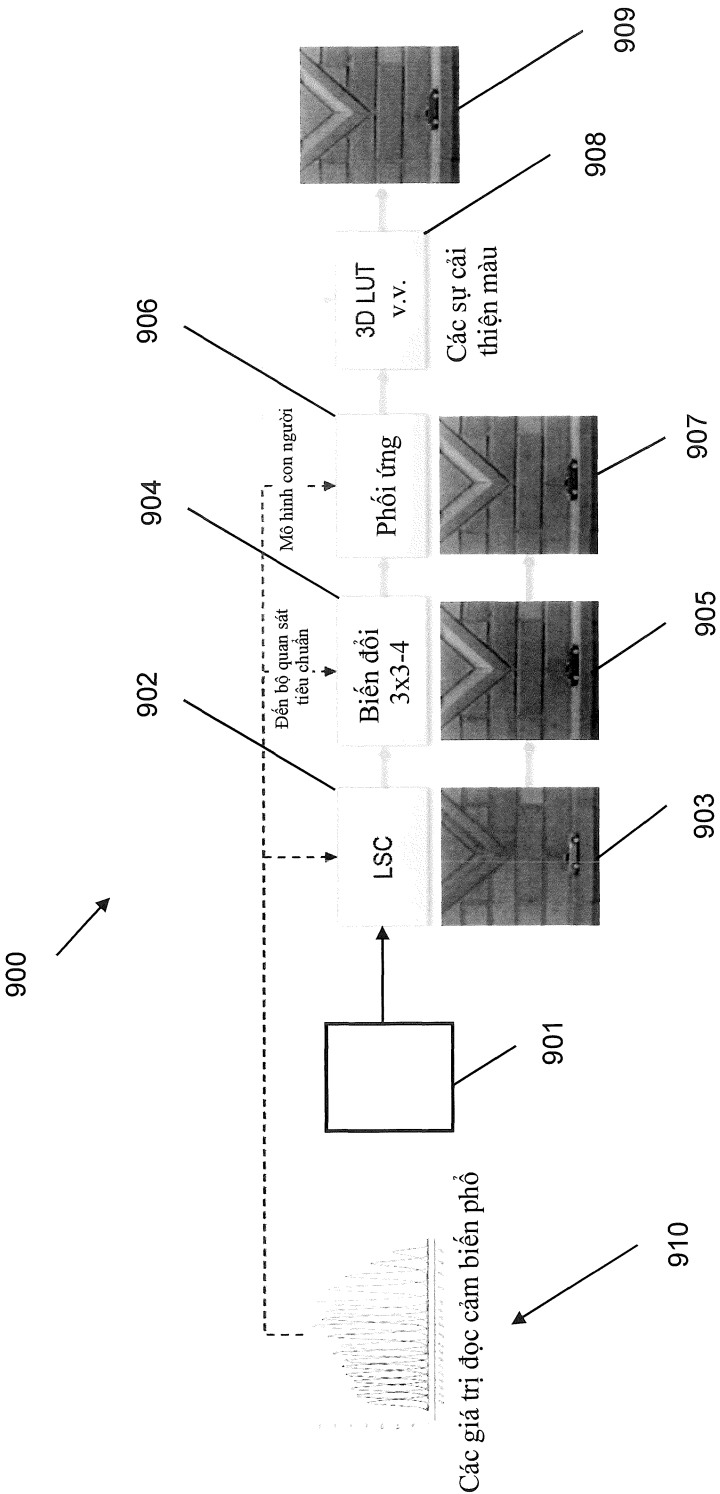
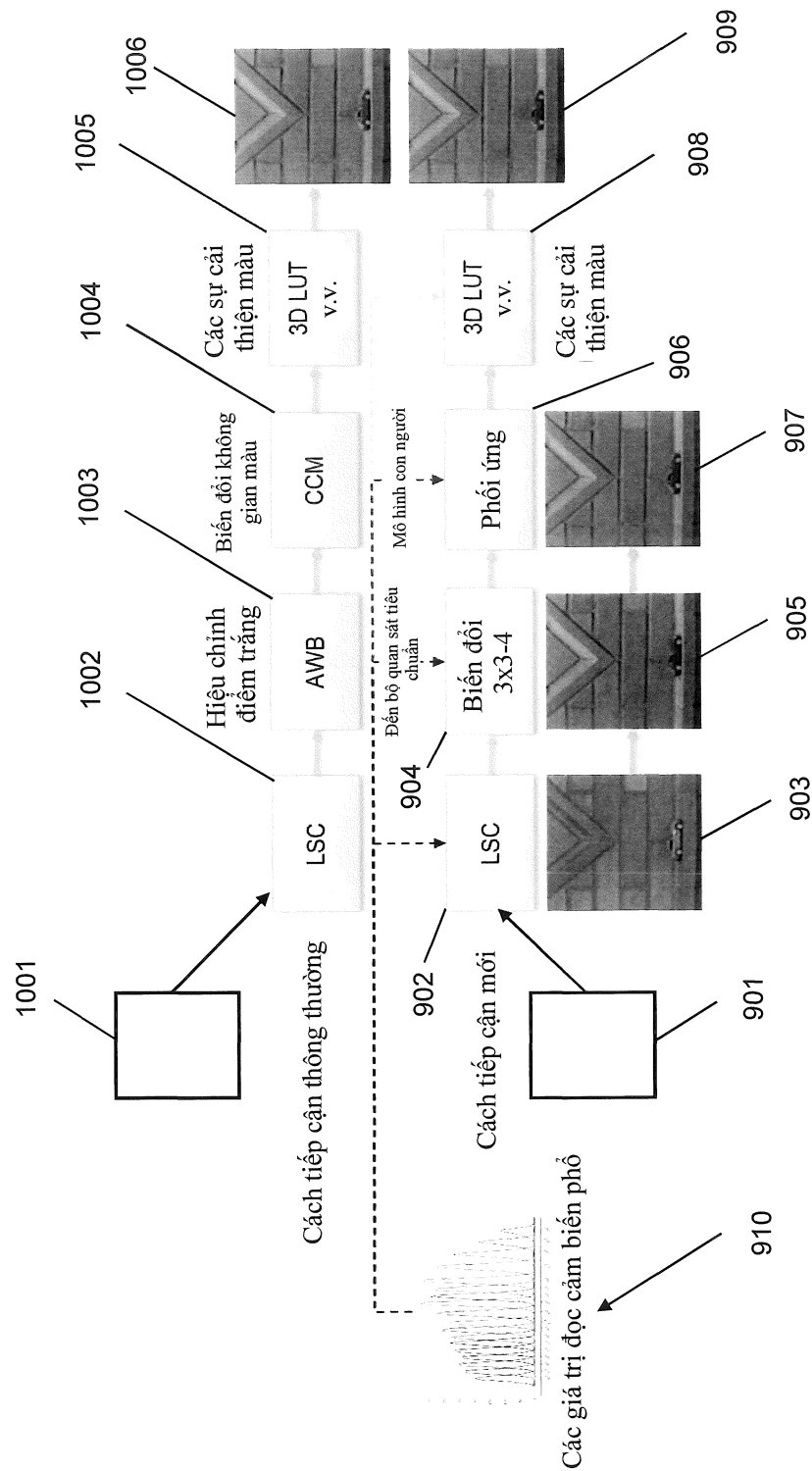
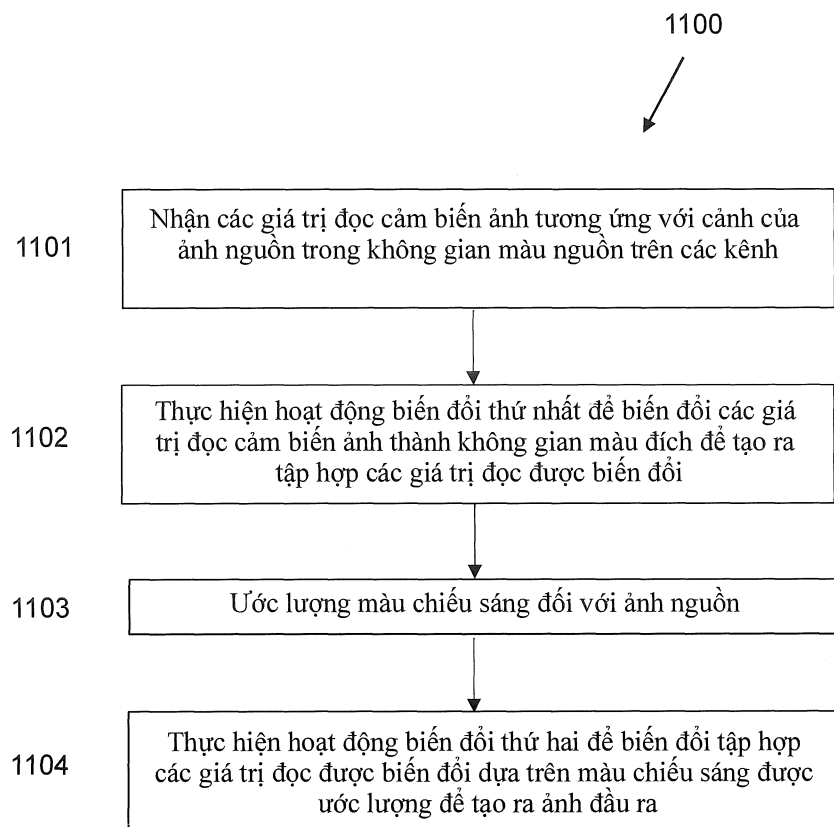


Fig.10



10 / 11

Fig.11



11 / 11

Fig.12

