



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

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

(11)



1-0041231

(51)^{2021.01} G06T 7/90

(13) B

(21) 1-2022-04626

(22) 21/07/2022

(45) 25/09/2024 438

(43) 25/10/2022 415

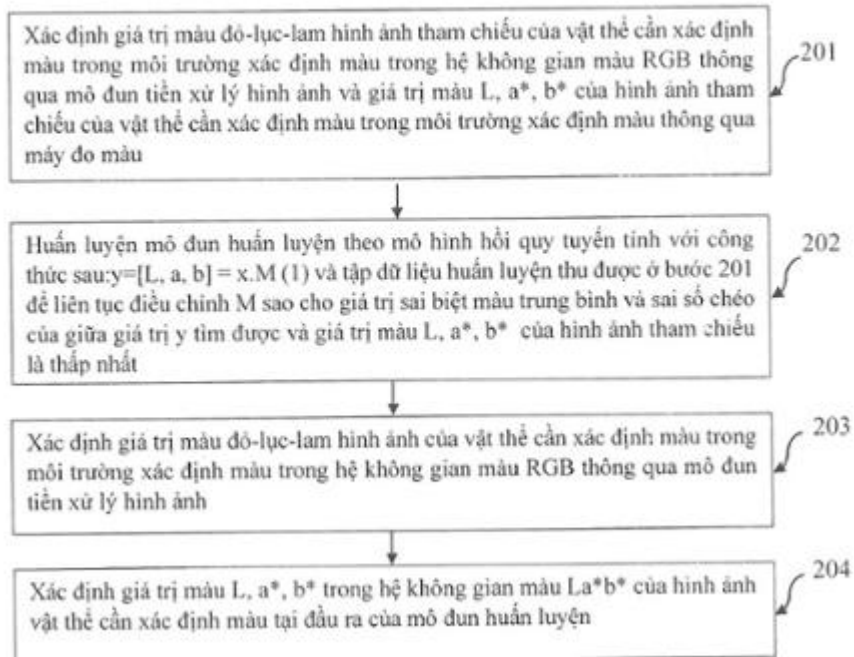
(73) Trường Đại học Cần Thơ (VN)

Khu II, đường 3/2, phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ

(72) Nguyễn Chánh Nghiệm (VN); Hứa Thái Nhân (VN); Võ Văn Thoại (VN); Nguyễn Chí Ngôn (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG XÁC ĐỊNH MÀU SẮC ĐỘNG VẬT THỦY SẢN VÀ VẬT THỂ DỰA TRÊN HÌNH ẢNH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh thông qua máy tính, bao gồm: a) điều chỉnh độ sáng hình ảnh trước khi xác định giá trị màu đỏ-lục-lam; b) xác định giá trị màu RGB trên hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu và hình ảnh vật thể cần xác định màu trong hệ không gian màu RGB thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và giá trị màu $L^*a^*b^*$ của vật thể đại diện cho vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu thông qua máy đo màu; và thu được tập dữ liệu huấn luyện; c) huấn luyện mô đun đo màu theo mô hình hồi quy tuyến tính với công thức sau: $y=[L^*, a^*, b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước b) để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình và sai số chéo của giữa giá trị y tìm được và giá trị màu L^*, a^*, b^* của hình ảnh tham chiếu là thấp nhất; d) xác định giá trị màu RGB trong hệ không gian màu RGB của hình ảnh vật thể cần xác định màu thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và chuyển giá trị màu RGB này vào mô đun đo màu đã được huấn luyện trước đó; và e) xác định giá trị màu L^*, a^*, b^* trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh vật thể cần xác định màu tại đầu ra của mô đun đo màu; và hệ thống xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể.



Lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế thuộc lĩnh vực xử lý ảnh, công nghệ thông tin, cụ thể đề cập đến phương pháp và hệ thống xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thiết bị máy xác định màu (colorimeter) thường dùng để xác định nhanh màu sắc của vật thể ở dạng rắn; tuy nhiên, nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng sử dụng máy so màu không phù hợp hay không có kết quả chính xác đối với đối tượng có độ đục (sample with a translucent matrix) như thịt, sữa dẫn đến suy hao ánh sáng phản xạ (refraction) hay gián đoạn truyền quang (optical discontinuities). Với các đối tượng có màu sắc thay đổi nhiều trong một vùng đo nhỏ (ví dụ như vùng đo có diện tích 50 mm^2), sử dụng máy so màu sẽ thiếu chính xác.

Phương pháp xác định màu sắc của vật thể dựa trên hình ảnh chụp kỹ thuật số thông qua máy tính gọi là phương pháp thị giác thị giác máy tính (computer vision system). Ưu điểm của phương pháp này là xác định nhanh, nhất quán (consistent), và không tiếp xúc. Dựa trên hình ảnh của đối tượng, một mô hình toán học được xây dựng để chuyển đổi thông tin màu R, G, B sang thông tin màu L^* , a^* , b^* với độ chính xác cao hơn cách chuyển đổi màu R, G, B trong ảnh kỹ thuật số sang màu L^* , a^* , b^* theo các công thức được công bố bởi CIE (International Commission on Illumination). Xây dựng mô hình chuyển đổi này đòi hỏi một tập dữ liệu hiệu chuẩn (calibration dataset) của các mẫu màu hiệu chuẩn (calibration samples) bao gồm màu R, G, B xác định từ ảnh chụp và màu L^* , a^* , b^* của một số mẫu màu này đã được đo bởi máy đo màu (colorimeter) hoặc được công bố bởi nhà sản xuất các mẫu này.

Một số phương pháp sử dụng thị giác máy tính để xác định màu của thực phẩm có thể kể đến như sau:

Milovanovic và cộng sự đã bộc lộ phương pháp thị giác máy tính để xác định màu sắc của sữa và các sản phẩm từ sữa vào năm 2021. (Milovanovic, B., Tomovic, V., Djekic, I., Miocinovic, J., Solowiej, B.G., Lorenzo, J.M., Barba, F.J., Tomasevic, I., 2021. Colour assessment of milk and milk products using computer vision system and colorimeter. *Int. Dairy J.* 120, 105084).

Tomasevic và cộng sự bộc lộ thông tin so sánh giữa cách xác định màu sắc của sản phẩm từ thịt giữa phương pháp thị giác máy tính và máy xác định màu (colorimeter) vào năm 2019. (Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J., Đorđević, V., Karabasil, N., Djekic, I., 2019. Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Sci.* 148, pp 5–12). Một nghiên cứu tương tự cũng được thực hiện bởi Goni và cộng sự vào năm 2017. (Goni, S.M., Salvadori, V.O., 2017. Color measurement: comparison of colorimeter vs computer vision system. *J. Food Meas. Charact.* 11, 538–547).

Girolami và cộng sự đã bộc lộ phương pháp thị giác máy tính để xác định màu sắc của thịt vào năm 2013. (Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Braghieri, A., 2013. Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Sci.* 93, pp. 111–118).

Talak và cộng sự bộc lộ phương pháp thị giác máy tính ứng dụng trong xác định màu thực phẩm vào năm 2016. (Tarak, F., Ozdemir, M., Melikdglu, M., 2016a. Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part I. development of methodology. *Food Sci. Technol.* 36, pp.382–388; Tarak, F., Ozdemir, M., Melikoglu, M., 2016b. Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part II. validation of methodology with real foods. *Food Sci. Technol.* 36, pp.499–504.)

Pace và cộng sự bộc lộ phương pháp thị giác máy tính để dự đoán khả năng oxi hóa và tổng lượng phenol trong củ cà rốt nhuộm màu vào năm 2013. (Pace, B., Cefola, M., Renna, F., Renna, M., Serio, F., Attolico, G., 2013. Multiple regression models and Computer Vision Systems to predict antioxidant activity and total phenols in pigmented carrots. *J. Food Eng.* 117, pp.74–81)

Jackman và cộng sự đề cập đến phương pháp hiệu chỉnh màu của hình ảnh thông qua sử dụng hệ thống chuyển màu không gian và mô hình hồi quy nâng cao vào năm 2012. (Jackman, P., Sun, D.W., ElMasry, G., 2012. Robust colour calibration of an imaging system using a colour space transform and advanced regression modelling. *Meat Sci.*91, pp. 402–407)

Leon và cộng sự bộc lộ phương pháp xác định màu L,a,b trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ từ hình ảnh kỹ thuật số trong hệ màu RGB vào năm 2006. (Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J., 2006. Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. *Food Res. Int.* 39, pp.1084–1091).

Các phương pháp trên chưa xác định được chính xác màu với giá trị ngưỡng mà mắt người có thể phân biệt của vật thể hoặc thực phẩm đang được xử lý nhiệt hoặc xác định được màu các loài thủy sản trong môi trường nước mà không tác động hoặc tiếp xúc với chúng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống xác định màu sắc của thủy sản hoặc vật thể, đặc biệt là các vật thể đang được xử lý nhiệt mà máy xác định màu xác định không chính xác, thông qua phương pháp thị giác máy tính, cụ thể hơn xác định màu của thủy sản hay vật thể cần xác định màu bằng cách chuyển đổi thông tin màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB sang thông tin màu L^* , a^* , b^* trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ một cách nhanh chóng và độ chính xác cao từ nguồn dữ liệu hiệu chuẩn (calibration dataset) từ bộ hình ảnh bảng màu chuẩn và hình ảnh đại diện cho vật thể cần xác định màu.

Phương pháp xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh thông qua máy tính, bao gồm:

a) xác định giá trị màu đỏ (Red)-lục (Green)-lam (Blue) (hay còn gọi là giá trị màu R, G, B) hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu trong hệ không gian màu RGB thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và giá trị màu L^* , a^* , b^* của vật thể đại diện cho vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu

thông qua máy đo màu; trong đó hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu đã được điều chỉnh độ sáng; và thu được tập dữ liệu huấn luyện;

b) huấn luyện mô đun đo màu theo mô hình hồi quy tuyến tính Linear Regression – LR) với công thức sau: $y=[L^*a^*b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước a) để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình (Mean color error – MCE) giữa giá trị y tìm được và giá trị màu L^* , a^* , b^* của hình ảnh tham chiếu là thấp nhất; trong đó y là giá trị màu L^* , a^* , b^* tìm được trong công thức (1); x là véc-tơ đặc trưng bao gồm các thành phần được tính từ giá trị màu R, G, B và có dạng $R^mG^nB^k$ trong đó bậc m, n, k có giá trị từ 0 đến 3; và M là ma trận chuyển đổi;

c) xác định giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB của hình ảnh vật thể cần xác định màu thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và chuyển giá trị màu R, G, B này vào mô đun đo màu đã được huấn luyện trước đó; trong đó hình ảnh của vật thể cần xác định màu đã được điều chỉnh độ sáng;

d) xác định giá trị màu L^* , a^* , b^* trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh vật thể cần xác định màu tại đầu ra của mô đun đo màu; trong đó bước xác định giá trị màu R, G, B, bước huấn luyện mô đun đo màu, và bước xác định màu sắc màu sắc trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ được thực hiện thông qua một hoặc nhiều bộ vi xử lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 thể hiện sơ đồ khối của phương pháp xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh với máy học theo một phương án của sáng chế.

FIG.1A thể hiện sơ đồ màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB theo chuẩn CIE (International Commission on Illumination) của Ủy ban Chiếu sáng Quốc tế được sử dụng làm tập dữ liệu huấn luyện theo một phương án của sáng chế.

FIG.1B thể hiện kết các bộ giá trị hiệu chỉnh cường độ sáng của kênh màu R (R chanel) được loại bỏ nhiễu bằng phương pháp wavelet denoising, trong đó, độ phân giải wavelet (wavelet decomposition level) được khảo sát từ 3 đến 8 theo một phương án của sáng chế.

FIG.1C thể hiện cách bố trí của hệ thiết bị chụp ảnh để tiến hành chụp hình ảnh tham chiếu và/hoặc hình ảnh vật thể cần xác định màu và truyền về máy chủ cho vật thể như gạo rang theo một phương án của sáng chế.

FIG.1D thể hiện cách bố trí của hệ thiết bị chụp ảnh để tiến hành chụp hình ảnh bảng màu tham chiếu trong môi trường nước theo một ví dụ trong một phương án của sáng chế.

FIG.1E thể hiện cách bố trí của hệ thiết bị chụp ảnh để tiến hành chụp hình ảnh cá hệ cần xác định màu sắc và các mẫu đất sét có màu sắc-đại diện cho cá hệ trong môi trường nước theo một phương án của sáng chế.

FIG.2 thể hiện sơ đồ nguyên lý hoạt động của phương pháp xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh theo một phương án của sáng chế.

FIG.3 thể hiện kết quả của sự lựa chọn tập dữ liệu huấn luyện phù hợp giúp gia tăng hiệu suất tính toán của mô hình hồi quy tuyến tính và mô đun đo màu theo một ví dụ cụ thể của sáng chế.

FIG.4 thể hiện vùng xác định màu trên thân 3 mẫu cá hệ theo một ví dụ của sáng chế.

FIG.4A thể hiện sự không đồng nhất về màu sắc mà mắt thường không phân biệt thể hiện qua các ô lưới (mesh plots) và bản đồ đường đồng mức (contour plots) khai triển từ vùng xác định màu trên thân 3 mẫu cá hệ theo một ví dụ của sáng chế.

FIG.5 thể hiện sơ đồ khối của máy chủ xử lý hình ảnh nhận được từ hệ thiết bị chụp ảnh theo một phương án của sáng chế.

FIG.6 thể hiện sơ đồ khối chi tiết của máy chủ theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống xác định màu sắc của thủy sản hoặc vật thể bằng cách chuyển đổi thông tin màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB sang thông tin màu L^* , a^* , b^* trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ một cách nhanh chóng và độ chính xác cao từ nguồn dữ liệu hiệu chuẩn (calibration dataset) từ bộ hình ảnh bảng màu chuẩn và hình ảnh đại diện cho vật thể cần xác định màu.

FIG.1 và FIG.2 thể hiện sơ đồ khối của phương pháp và hệ thống xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh với máy học được thực hiện thông qua máy tính.

Bước 201 xác định giá trị màu đỏ (Red)-lục (Green)-lam (Blue) (hay còn gọi là giá trị màu R, G, B) của các vật thể tham chiếu bao gồm các mảng màu trong bảng màu tham chiếu và vật thể có màu sắc gần với tông (tone) màu của vật thể cần xác định màu sắc từ ảnh chụp thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh, và giá trị màu L^* , a^* , b^* của các vật thể đại diện cho vật thể cần xác định màu thông qua máy đo màu (đối với mẫu tự tạo) hoặc từ nhà sản xuất (đối với các bảng màu tham chiếu). Trong đó, hình ảnh các vật thể tham chiếu được điều chỉnh cường độ sáng.

Theo một phương án cụ thể, hình ảnh bảng màu chuẩn được sử dụng để làm dữ liệu tham chiếu được lấy từ hình ảnh của các bảng màu chuẩn thường được sử dụng để đánh giá màu sắc như hình ảnh bảng màu ColorChecker. Theo một phương án cụ thể, hình ảnh bảng màu chuẩn dùng trong trường hợp xác định màu cho vật thể như gạo rang được sử dụng là tập dữ liệu bao gồm 24 mảng màu thu thập từ ColorChecker® Passport, gọi tắt là tập dữ liệu CCP24; tập dữ liệu bao gồm 96 mảng màu thu thập từ ColorChecker® Digital SG (X-rite, PANTONE), gọi tắt là tập dữ liệu DSG96; tập dữ liệu bao gồm 76 mảng màu trong không gian màu sRGB được trích xuất từ tập dữ liệu DSG96, gọi tắt là tập dữ liệu DSG76. Các vị trí màu của các tập dữ liệu này được minh họa trong sơ đồ màu CIE (International Commission on Illumination), như được hiển thị trong FIG.1A. Các tập dữ liệu này được thu thập để làm dữ liệu huấn luyện và kiểm tra trong mô hình máy học. Giá trị màu L^* , a^* , b^* trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ được xác định và cung cấp bởi nhà sản xuất các bảng màu chuẩn trên.

Theo một phương án cụ thể, hình ảnh đại diện cho vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu cũng được thu thập và tạo thành tập dữ liệu để làm dữ liệu huấn luyện và kiểm tra trong mô hình máy học. Theo đó, đối tượng làm hình ảnh đại diện cho vật thể cần đo có cùng tông màu sắc với vật thể cần đo nhưng có thể cùng hoặc khác bản chất với vật thể cần đo và không đổi màu sắc hoặc tính chất trong môi trường đo. Cụ thể, đối tượng đại diện cho vật thể cần xác định màu có cùng bản chất với đối tượng cần đo, ví dụ như trong trường hợp xác định màu đối tượng thực phẩm như gạo được rang trong môi trường đo màu là môi trường gia nhiệt thì sử dụng gạo có màu sắc gần với màu của gạo cần xác định màu để tạo thành tập dữ liệu sử dụng trong mô hình máy học.

Theo một phương án cụ thể, cần xác định màu cho gạo rang ST25 và hoặc gạo Thái thì sử dụng gạo ST24 có cùng bản chất với gạo ST25 và hoặc gạo Thái để làm tập dữ liệu huấn luyện. Gạo ST24 được rang bằng cách sử dụng máy rang cà phê. Khi bắt đầu quá trình rang, nhiệt độ được duy trì ở 170°C. Khi nhận thấy những thay đổi nhỏ trong màu gạo, nhiệt độ được tăng dần lên 240°C để tăng tốc độ thay đổi màu sắc. Việc rang được dừng lại trước khi gạo bị cháy. Cứ sau 5 phút, gạo ST24 rang được chụp tự động thông qua hệ thiết bị chụp ảnh và truyền hình ảnh về máy chủ. Các giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB của gạo rang ST24 được tính toán thông qua cách xác định màu từng điểm ảnh hoặc xác định giá trị trung bình của nhiều điểm ảnh trong khu vực cần xác định màu thông qua mô đun xác định giá trị màu R, G, B 111 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110. Tương tự thì tập hình ảnh của cần xác định màu của gạo rang ST25 và hoặc gạo Thái cũng được chụp trong quá trình rang và gửi về máy chủ và được tính giá trị màu R, G, B trung bình trong hệ không gian màu RGB theo thời gian thực thông qua mô đun xác định giá trị màu R, G, B 111 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110. Theo đó, tập dữ liệu thu được bao gồm 49 dữ liệu màu gạo rang ST24; bộ dữ liệu cần xác định màu hay dùng để kiểm tra độ chính xác của phương pháp xác định giá trị màu L^* , a^* , b^* bao gồm 37 dữ liệu màu gạo rang ST25 và 31 dữ liệu màu gạo rang Thái dùng để kiểm tra trong quá trình huấn luyện trong mô đun đo màu 120. Các giá trị màu L^* , a^* , b^* của gạo rang ST24, gạo rang ST25, gạo rang Thái trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ được xác định chính xác bằng máy xác định màu (CR-410, Konica Minolta, Tokyo, Nhật Bản).

Theo một phương án cụ thể, cần xác định màu cho động vật thủy sản, chẳng hạn như cá hề trong môi trường nước thì sử dụng đối tượng khác bản chất với cá hề như đất sét hoặc nhựa màu có màu sắc hay tính chất không đổi khi đặt trong môi trường nước để đại diện cho cá hề làm tập dữ liệu huấn luyện. Sử dụng đất sét hoặc nhựa màu có màu sắc tương tự đại diện cho cá hề đặt trong môi trường nước giúp giá trị màu R, G, B từ hình ảnh được chụp của các đối tượng đại diện phản ánh đúng vật thể cần xác định màu trong môi trường của chúng, giúp tránh sai sót khi thực hiện xác định màu trên vật thể cần xác định màu và tránh xâm lấn đến vật thể là đối tượng sống như các loài thủy hải sản.

Theo đó, tiến hành sử dụng nhiều mẫu đất sét có màu sắc tương tự như cá hề đặt trong môi trường nước và tiến hành chụp hình thông qua hệ thiết bị chụp ảnh và truyền hình ảnh về máy chủ. Tập dữ liệu huấn luyện cho cá hề bao gồm 36 mẫu màu đất sét, gọi là tập dữ liệu CLAY)_36 và 15 mẫu màu đất sét để kiểm tra trong quá trình huấn luyện ở mô đun đo màu 120, gọi là tập dữ liệu CLAY_15. Giá trị màu R, G, B của ảnh chụp 51 mẫu đất sét trong môi trường nước được xác định màu từng điểm ảnh hoặc xác định giá trị trung bình của nhiều điểm ảnh trong khu vực cần xác định màu thông qua mô đun xác định giá trị màu R, G, B 111 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110. Các giá trị màu $L^*a^*b^*$ của 51 mẫu màu đất sét trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ được xác định chính xác bằng máy xác định màu (CR-410, Konica Minolta, Tokyo, Nhật Bản).

Theo một phương án, để tăng độ chính xác cho dữ liệu đầu vào giúp cho máy học huấn luyện chính xác và phản ánh đúng màu sắc thực tế của vật thể cần xác định màu, đầu tiên mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 sẽ tiến hành điều chỉnh độ sáng của hình ảnh tham chiếu 101 hoặc/và hình ảnh vật thể cần xác định màu 102. Trong đó phương pháp điều chỉnh độ sáng của hình ảnh tham chiếu 101 hoặc/và hình ảnh vật thể cần xác định màu 102 thông qua mô đun điều chỉnh độ sáng 112 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 bao gồm các bước:

Bước 101: tiến hành giảm nhiễu và giảm chi tiết cho bộ ảnh chụp đại diện cho vật thể thông qua hàm Gaussian và thu được ma trận I_0 của ảnh giảm nhiễu;

Bước 102: tiến hành tính toán ma trận các giá trị hiệu chuẩn thông qua công thức: $I_1 = I/I_0$, trong đó I là ma trận độ sáng trung bình mà các phần tử của I có giá trị là giá trị trung bình của ma trận I_0 ;

Bước 103: tiến hành khử nhiễu thông qua biến đổi Wavelet (Wavelet-based denoising) để giảm nhiễu cho ma trận các giá trị hiệu chuẩn I_1 với hàm Wavelet Daubechies, trong đó độ phân giải wavelet (wavelet decomposition levels) nằm trong khoảng từ 3 đến 8.

FIG.1B thể hiện kết quả khảo sát các bộ giá trị hiệu chỉnh cường độ sáng (gọi là correction mask) của kênh màu R (R chanel) được loại bỏ nhiễu bằng phương pháp Wavelet denoising, trong đó, độ phân giải wavelet (wavelet decomposition level) được

khảo sát từ 3 đến 8. Theo đó ở FIG.1B1, bộ giá trị hiệu chỉnh cường độ sáng chưa được khử nhiễu thì các phần tử nhiễu 112 còn khá nhiều và dày đặc trên FIG.1B1. Khi áp dụng Wavelet denoising để khử nhiễu với độ phân giải wavelet tăng dần từ 3 đến 8, các phần tử nhiễu 112 bị loại bỏ dần và hình ảnh trở nên mịn hơn khi độ phân giải wavelet càng tăng từ FIG.1B2 với độ phân giải wavelet là 3, FIG.1B3 với độ phân giải wavelet là 4, FIG.1B4 với độ phân giải wavelet là 5; FIG.1B5 với độ phân giải wavelet là 6, FIG.1B6 với độ phân giải wavelet là 7, FIG.1B7 với độ phân giải wavelet là 8. Tuy nhiên, độ phân giải wavelet được chọn càng cao thì khả năng làm sai lệch thông tin gốc (nếu xét trong lĩnh vực tín hiệu thì được gọi là original signal) càng lớn. Có thể thấy ở FIG.1B7 rằng hình dạng của bộ giá trị hiệu chỉnh cường độ sáng được giảm nhiễu với không còn đúng với dạng gốc ban đầu ở FIG.1B1. Theo đó, với bậc biến đổi là 6 thì bộ giá trị hiệu chỉnh cường độ sáng được giảm nhiễu phù hợp để tránh làm sai lệch thông tin gốc khi tiến hành giảm nhiễu.

Theo một phương án cụ thể, ở bước 103 phương pháp lựa chọn ngưỡng wavelet là VisuShrink hoặc BayesShrink; trong đó mô hình VisuShrink với số bậc biến đổi được lựa chọn bởi người dùng dựa trên hiệu suất hoạt động của mô đun điều chỉnh độ sáng 112 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110, và mô hình BayesShrink với số bậc biến đổi được tự động lựa chọn dựa trên hiệu suất hoạt động của mô đun điều chỉnh độ sáng 112 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110.

Theo một phương án cụ thể, hình ảnh đại diện cho vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu được chụp bằng hệ thiết bị chụp ảnh hay máy ảnh công nghiệp có cảm biến thu nhận được màu sắc tốt nhất trong vùng màu sRGB nên màu sắc trong vùng màu sRGB được sử dụng để xác định giá trị màu R, G, B. Theo đó, FIG.1C thể hiện cách bố trí của hệ thiết bị chụp ảnh 150 để tiến hành chụp hình ảnh tham chiếu 101 và hình ảnh vật thể cần xác định màu 102 và truyền về máy chủ cho vật thể như gạo rang một phương án của sáng chế. Trong đó hệ thiết bị chụp ảnh 150 bao gồm khung chứa 164 để lắp đặt các thiết bị khác trong hệ thiết bị chụp ảnh 150, thiết bị chụp ảnh 161 được liên kết với khung chứa 164, trong đó thiết bị chụp ảnh 161 được đặt nghiêng một góc từ 30° đến 45° , đèn chiếu sáng 162 được bố trí xung quanh và liên kết với khung 164 để cung

cấp đầy đủ ánh sáng cho khu vực xác định màu 163, khu vực xác định màu 163 là nơi đặt vật thể cần xác định màu 102 hoặc các vật thể làm hình ảnh tham chiếu 101. Đèn chiếu sáng 162 có chỉ số hoàn màu CRI (Color Rendering Index) có giá trị từ 90 trở lên.

Theo một phương án cụ thể, FIG.1D thể hiện cách bố trí của hệ thiết bị chụp ảnh 160 để tiến hành chụp hình ảnh đất sét hoặc bảng màu tham chiếu (đại diện) cho cá hề trong môi trường nước. Đất sét hoặc bảng màu đại diện bao gồm nhiều mẫu đất sét hoặc bảng màu có màu đại diện cho cá hề 102. Theo đó hệ thiết bị chụp ảnh 160 bao gồm khung chứa 174 để lắp đặt các thiết bị khác trong hệ thiết bị chụp ảnh 160 và chứa môi trường nước 175, thiết bị chụp ảnh 171 được đặt phía ngoài khung chứa 174 và liên kết với khung đỡ 177 để cố định và đỡ thiết bị chụp ảnh 171, trong đó thiết bị chụp ảnh 171 được đặt nằm ngang vuông góc (90^0) với vật thể là đất sét đại diện cho vật thể cần đo màu 102, đèn chiếu sáng 172 được bố trí phía trên khu vực xác định màu 173 và liên kết với khung 174 để cung cấp đầy đủ ánh sáng cho khu vực xác định màu 173, khu vực xác định màu 173 là nơi máy ảnh sẽ được lấy nét để chụp ảnh bảng màu tham chiếu 101, đất sét hoặc bảng màu đại diện cho vật thể cần đo màu được tạo hình và cố định trên khung đỡ 176. Đèn chiếu sáng 172 có chỉ số hoàn màu CRI (Color Rendering Index) có giá trị từ 90 trở lên.

Theo một phương án cụ thể, FIG.1E thể hiện cách bố trí của hệ thiết bị chụp ảnh 170 để tiến hành chụp hình ảnh đất sét đại diện cho cá hề và cá hề cần xác định màu sắc trong môi trường nước một phương án của sáng chế. Theo đó hệ thiết bị chụp ảnh 170 bao gồm khung chứa 184 để lắp đặt các thiết bị khác trong hệ thiết bị chụp ảnh 170 và chứa môi trường nước 185, thiết bị chụp ảnh 181 được đặt phía ngoài khung chứa 184 và liên kết với khung đỡ 187 để cố định và đỡ thiết bị chụp ảnh 181, trong đó thiết bị chụp ảnh 181 được đặt nằm ngang vuông góc với cá hề cần xác định màu 102, đèn chiếu sáng 182 được bố trí phía trên khu vực xác định màu 183 và liên kết với khung 184 để cung cấp đầy đủ ánh sáng cho khu vực xác định màu 183, khu vực xác định màu 183 là nơi đặt cá hề cần xác định màu 102, trong đó cá hề cần xác định màu 102 được giữ trong bể nuôi 186 làm từ vật liệu trong suốt không màu, và bể nuôi 186 có mặt sau được che bằng tấm vật liệu màu đen 188 để không có ánh sáng phản xạ từ phía sau xuyên qua cá hề làm sai

số phép đo màu. Đèn chiếu sáng 182 có chỉ số hoàn màu CRI (Color Rendering Index) có giá trị từ 90 trở lên.

Sau đó mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 sẽ xác định giá trị màu R, G, B của hình ảnh tham chiếu 101 hoặc/và hình ảnh vật thể cần xác định màu 102 nhận được thông qua mô đun xác định giá trị màu R, G, B 111. Theo một phương án cụ thể, mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 sẽ thực hiện xác định màu sắc của toàn bộ vật thể hoặc chỉ một phần của vật thể cần xác định màu 102 để gia tăng hiệu suất tính toán của mô đun tiền xử lý hình ảnh 110.

Theo một phương án sau, Bước 202 mô đun đo màu 120 nhận tập dữ liệu huấn luyện gồm bộ giá trị màu R, G, B và L^* , a^* , b^* của các mảng màu tham chiếu hoặc/và các vật thể đại diện cho vật thể cần đo màu (gọi chung là vật thể tham chiếu). Trong đó, giá trị R, G, B được trích từ hình ảnh của các vật thể tham chiếu; giá trị L^* , a^* , b^* được cung cấp từ nhà sản xuất các bảng màu tham chiếu hoặc được xác định thông qua máy đo màu đã điều chỉnh độ sáng bao gồm hình ảnh tham chiếu 101 với giá trị màu R, G, B của vật thể cần xác định màu trong hệ không gian màu RGB thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 và giá trị màu L^* , a^* , b^* của vật thể đại diện cho vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu thông qua máy đo màu. Tiếp theo mô đun đo màu 120 tiến hành huấn luyện theo mô hình hồi quy tuyến tính (Linear Regression – LR) với công thức sau: $y=[L^*, a^*, b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện đã được điều chỉnh độ sáng để liên tục điều chỉnh M trong công thức (1) sao cho giá trị sai biệt màu trung bình (Mean color error – MCE) giữa giá trị y tìm được và giá trị màu L^* , a^* , b^* của hình ảnh tham chiếu thông qua máy đo màu là thấp nhất; trong đó y là giá trị màu L^* , a^* , b^* tìm được trong công thức (1) và y là bộ dữ liệu gồm các giá trị L^* , a^* , b^* của các vật thể tham chiếu, x là véc-tơ đặc trưng bao gồm các thành phần có giá trị trong đoạn 0 đến 1 được tính từ giá trị màu R, G, B của các vật thể tham chiếu và có dạng $R^m G^n B^k$ trong đó bậc m, n, k có giá trị từ 0 đến 3; và M là ma trận chuyển đổi.

Theo đó số chiều của véc-tơ đặc trưng x sẽ xác định bậc của mô hình hồi quy tuyến tính, trong đó mô hình hồi quy tuyến tính có bậc từ 1 đến 3. Mô hình hồi quy tuyến tính bao gồm: mô hình hồi quy tuyến tính bội (Multiple linear regression – MLR), mô hình hồi quy tuyến tính Lasso (Lasso linear regression), mô hình hồi quy tuyến tính Ridge

(Ridge linear regression). Cụ thể, nếu x số chiều của véc-tơ đặc trưng x là 1 thì mô hình hồi quy tuyến tính bậc 1 theo công thức (1) có dạng như sau:

$$\begin{bmatrix} L^* \\ a^* \\ b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{11} & M_{20} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \end{bmatrix}$$

trong đó $x = [R \ G \ B \ 1]^T$ và ma trận chuyển đổi M có kích thước dạng cột x hàng là $[3 \times 4]$.

Trong trường hợp số chiều của véc-tơ đặc trưng x là 2 thì mô hình hồi quy tuyến tính có bậc 2 theo công thức (1) có dạng như sau:

$$\begin{bmatrix} L^* \\ a^* \\ b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ R^2 \\ RG \\ RB \\ G^2 \\ GB \\ B^2 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{11} & M_{20} & M_{13} & M_{14} & M_{15} & M_{16} & M_{17} & M_{18} & M_{19} & M_{1,10} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} & M_{25} & M_{26} & M_{27} & M_{28} & M_{29} & M_{2,10} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} & M_{35} & M_{36} & M_{37} & M_{38} & M_{39} & M_{3,10} \end{bmatrix}$$

trong đó $x = [R \ G \ B \ R^2 \ RG \ RB \ G^2 \ GB \ B^2 \ 1]^T$ và ma trận chuyển đổi M có kích thước dạng cột x hàng là $[3 \times 10]$.

Cách tính giá trị của các thành phần trong vector x cụ thể như sau: các thành phần của vector x được chuyển về thang có giá trị từ 0 đến 1, tương ứng với giá trị nhỏ nhất và lớn nhất có thể có của thành phần. Ví dụ, ngoại trừ hằng số tự do, các thành phần đều có giá trị nhỏ nhất là 0, thành phần R có giá trị tối đa là 255, thành phần R^2 có giá trị tối đa là 255×255 , thành phần RG có giá trị tối đa là 255×255 .

Mô hình được huấn luyện để tìm ra ma trận M sao cho giá trị dự đoán $\hat{y} = [\hat{L}^*, \hat{a}^*, \hat{b}^*]$ có sai số so với giá trị thực tế $y = [L^*, a^*, b^*]$ là nhỏ nhất.

Ví dụ đối với mô hình đo màu cá hề, với mẫu màu có giá trị R, G, B lần lượt là 139,39; 30,25; 82,9. Giá trị L^* , a^* , b^* của mẫu màu được tính toán như sau:

Theo một phương án cụ thể trong mô hình hồi quy tuyến tính bội MLR:

$$\begin{bmatrix} L^* \\ a^* \\ b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,466274509803921156e-01 \\ 1,186274509803921517e-01 \\ 3,250980392156863075e-01 \\ 2,988015701653209955e-01 \\ 6,484502114571318032e-02 \\ 1,777075124951941754e-01 \\ 1,407247212610534398e-02 \\ 3,856555171088043438e-02 \\ 1,056887351018838961e-01 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 33.86904364 & 25.60287439 & -4.54343503 & 1.66964384 & -5.36286569 & 1.02346383 & 28.37331332 & -1.45465542 & 8.78577389 & 10.59389382 \\ 77.98662544 & -131.6920025 & 51.62323325 & 14.98403573 & 31.32693179 & -29.57609651 & -13.67243578 & -17.16507091 & 11.95694853 & 5.46248455 \\ 37.91013474 & 46.86557337 & -110.89850472 & 17.90396419 & -59.52277206 & 18.26246453 & 53.30336416 & 11.5949948 & -23.4064389 & 2.17813453 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 32,27 \\ 50,91 \\ -4,13 \end{bmatrix}$$

Theo một phương án cụ thể trong mô hình hồi quy tuyến tính của Lasso:

$$\begin{bmatrix} L^* \\ a^* \\ b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,466274509803921156e-01 \\ 1,186274509803921517e-01 \\ 3,250980392156863075e-01 \\ 2,988015701653209955e-01 \\ 6,484502114571318032e-02 \\ 1,777075124951941754e-01 \\ 1,407247212610534398e-02 \\ 3,856555171088043438e-02 \\ 1,056887351018838961e-01 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 34.84998111 & 25.10572245 & -3.38834356 & 0.28430612 & -3.32332003 & 0 & 27.10671579 & 0 & 7.25551798 & 10.36239842 \\ 77.34154011 & -130.67849279 & 50.86250584 & 15.782181 & 29.70170471 & -28.24971091 & -13.4583627 & -17.37557397 & 11.84970615 & 5.52589637 \\ 39.01646097 & 45.95694009 & -110.186377 & 16.39417162 & -57.21738397 & 17.02609225 & 52.58208384 & 11.83361352 & -23.35835504 & 2.02305933 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 32,31 \\ 50,85 \\ -4,08 \end{bmatrix}$$

Theo một phương án cụ thể trong mô hình hồi quy tuyến tính của Ridge:

$$\begin{bmatrix} L^* \\ a^* \\ b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,466274509803921156e-01 \\ 1,186274509803921517e-01 \\ 3,250980392156863075e-01 \\ 2,988015701653209955e-01 \\ 6,484502114571318032e-02 \\ 1,777075124951941754e-01 \\ 1,407247212610534398e-02 \\ 3,856555171088043438e-02 \\ 1,056887351018838961e-01 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 32.45653044 & 25.43621281 & -3.46506091 & 2.57680534 & -4.11282939 & -0.12660567 & 27.35908144 & 0.19662145 & 7.70539007 & 10.84311032 \\ 69.21635918 & -121.01940534 & 46.31953901 & 23.0759991 & 22.72417245 & -21.67189923 & -16.36812252 & -21.92829969 & 15.19506641 & 6.2185111 \\ 38.56097203 & 42.66032979 & -104.74691885 & 15.78747978 & -51.27876175 & 11.43302091 & 50.88011642 & 14.94937919 & -26.86811873 & 2.04554805 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 32,15 \\ 49,8 \\ -3,99 \end{bmatrix}$$

Mô hình hồi quy tuyến tính có bậc cao như bậc 3 trở lên thì vector x gồm 19 biến sẽ nâng cao độ phức tạp của mô hình, từ đó dẫn đến sai số giữa giá trị thật y và giá trị dự đoán $\hat{y}$ sẽ càng nhỏ, tuy nhiên khả năng mô hình bị quá khớp (over fitting) cũng sẽ tăng cao làm mô hình không đáp ứng được độ tin cậy. Do đó, mô hình hồi quy tuyến tính của Lasso và/hoặc Ridge được áp dụng để giữ được tính tổng quát của dữ liệu và nâng cao độ chính xác của mô hình hồi quy tuyến tính.

Tiếp theo, tiến hành tính giá trị sai biệt màu L^* , a^* , b^* trung bình MCE (Mean Color Error) giữa giá trị tìm được y trong công thức (1) so với hình ảnh tham chiếu 101 trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$; trong đó sai biệt màu trung bình MCE (Mean Color Error) là trung bình sai số màu của toàn bộ dữ liệu tham chiếu (L_{1i}, a_{1i}, b_{1i}) và giá trị màu tìm được y trong công thức (1) (L_{2i}, a_{2i}, b_{2i}) được xác định theo và được tính bởi công thức được Ủy ban Quốc tế về Chiếu sáng CIE (International Commission on Illumination) định nghĩa năm 1976 như sau:

$$MCE1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(L_{1i} - L_{2i})^2 + (a_{1i} - a_{2i})^2 + (b_{1i} - b_{2i})^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(\Delta_L)^2 + (\Delta_a)^2 + (\Delta_b)^2} = (2)$$

trong đó N : là số lượng mẫu màu trong tập dữ liệu; (L_{1i}, a_{1i}, b_{1i}) là giá trị màu của hình ảnh tham chiếu thứ i ; (L_{2i}, a_{2i}, b_{2i}) là giá trị màu tìm được thứ i .

Theo một phương án, sai biệt màu trung bình MCE cũng được tính dựa trên CIEDE2000 có thể phản ánh tốt hơn nhận biết về sự khác biệt màu sắc của người. Công thức này được tính như sau:

$$MCE2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sqrt{(\Delta E_{00})} \quad (3)$$

Trong đó trong đó N là số lượng hình ảnh huấn luyện trong tập dữ liệu huấn luyện, và các giá trị $\Delta L'$, $\Delta C'$, $\Delta H'$ sự khác biệt về độ sáng (lightness), sắc độ (chroma) và màu sắc (Hue) của chỉ số CIELAB của vật thể cần xác định màu thứ j. S_L , S_C và S_H lần lượt là các trọng số của hàm bù sáng (SL), bù trừ sắc độ (SC), bù trừ cho màu sắc (S_H). Các giá trị được tính toán cho các chức năng này thay đổi tùy theo vị trí của cặp mẫu đang được xem xét trong không gian màu $L^*a^*b^*$. Các giá trị k_L , k_C và k_H là các yếu tố tham số được điều chỉnh theo các thông số xem khác nhau như kết cấu, nền, phân cách, v.v., để tạo độ sáng, thành phần sắc độ và sắc độ, tương ứng. Tham số xoay màu R_T (hue rotation) để xử lý vùng màu xanh lam có vấn đề (góc màu ở vùng lân cận là 275°). Chi tiết về các tính toán giá trị này có thể tham khảo trên các tài liệu hoặc các nghiên cứu tương tự.

Tiếp theo Bước 203 tiến hành xác định giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB của hình ảnh vật thể cần xác định màu thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 và chuyển giá trị màu R, G, B này vào mô đun đo màu 120 đã được huấn luyện trước đó; trong đó hình ảnh của vật thể cần xác định màu 102 đã được điều chỉnh độ sáng.

Cuối cùng Bước 204 tiến hành xác định giá trị màu L^* , a^* , b^* 130 trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh vật thể cần xác định màu 102 tại đầu ra của mô đun đo màu 120.

Theo một phương án cụ thể, việc điều chỉnh độ sáng của hình ảnh vật thể tham chiếu 101 hoặc/và hình ảnh vật thể cần xác định màu 102 thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 giúp tăng độ chính xác cho dữ liệu đầu vào giúp cho máy học huấn luyện chính xác và phản ánh đúng màu sắc thực tế của vật thể cần xác định màu. Tiến hành thử nghiệm trên tập dữ liệu DSG_76, và tập dữ liệu huấn luyện DSG_76 và CLAY_36 thông

qua mô hình MLR bậc hai để xác định hiệu quả của điều chỉnh độ sáng của vật thể trước khi đưa vào huấn luyện.

Bảng 1 thể hiện hiệu quả của việc điều chỉnh độ sáng của hình ảnh vật thể được huấn luyện thông qua mô hình MLR bậc hai với các giá trị MCE1, MCE2 và CV (Cross Value).

Dữ liệu huấn luyện	Độ sai lệch màu trung bình MCE	Không hiệu chỉnh độ sáng	Có hiệu chỉnh độ sáng	Độ chính xác gia tăng
DSG_76	MCE1	3,55±1,92	3,46±1,91	0,09
	MCE2	2,33±1,46	2,27±1,46	0,06
	CV	7,63	7,28	0,35
DSG_76 và CLAY_36	MCE1	3,87±2,04	3,80±2,03	0,07
	MCE2	2,32±1,33	2,29±1,30	0,03
	CV	8,34	8,9	0,25

Đối với tập dữ liệu DSG_76 có hiệu chỉnh độ sáng giúp gia tăng độ chính xác 2,58% với MCE1 và MCE2, giá trị CV giúp đánh giá hiệu suất giữa các mô hình tính toán như mô hình MLR tăng 4,59% khi hiệu chỉnh độ sáng.

Việc huấn luyện để tìm ra tập dữ liệu huấn luyện phù hợp và mô hình hồi quy tuyến tính tương ứng giúp cải thiện hiệu suất tính toán của mô hình huấn luyện 120. Thật vậy, theo một ví dụ cụ thể đối với tập dữ liệu DSG_76 và CLAY_36, khi thêm vào tập dữ liệu CLAY_36 hiệu suất của mô hình hồi quy tuyến tính bậc 2 cũng được cải thiện với độ chính xác gia tăng 1,81% với MCE1 và 1,29% với MCE2, giá trị CV tăng 3%. Khi so sánh với tập dữ liệu DSG_76 thì độ chính xác có xu hướng giảm do sự khác nhau về môi trường của tập dữ liệu CLAY_36. Việc giảm 0,02 đơn vị MCE2 ($2,27 \pm 1,46$ so với $2,29 \pm 1,30$) cho thấy khi thêm tập dữ liệu CLAY_36 vào vẫn duy trì độ chính xác trong quá trình huấn luyện đồng thời thúc đẩy độ chính xác của mô hình huấn luyện 120 trong môi trường đo thực tế. Theo FIG.3, việc nâng cao độ chính xác thử nghiệm tương đương với 2,56 đơn vị MCE1 và 1,4 đơn vị MCE2 khi tập dữ liệu CLAY_36 được thêm vào đào tạo

mô hình hồi quy tuyến tính bậc hai với hình ảnh được điều chỉnh độ sáng trước khi tiến hành huấn luyện. Từ đó cho thấy việc xử lý sự khác biệt trong môi trường xác định màu của vật thể cần xác định màu để làm dữ liệu huấn luyện giúp cho mô hình huấn luyện 120 gia tăng độ chính xác. Ngoài ra còn cần kiểm soát tốt việc chiếu sáng và hướng chụp cho vật thể cần xác định màu cũng làm tăng độ chính xác cho phương pháp và hệ thống xác định màu theo sáng chế.

Tiếp theo việc huấn luyện để tìm ra mô hình hồi quy tuyến tính phù hợp giúp cải thiện độ chính xác và tin cậy của mô hình huấn luyện 120. Theo một phương án, kết quả của việc lựa chọn mô hình hồi quy tuyến tính nhằm tối đa hiệu suất của phương pháp cũng như hệ thống chuyển đổi màu sắc được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2 thể hiện kết quả huấn luyện của tập dữ liệu DSG_76 và CLAY_36 trong mô hình hồi quy tuyến tính bậc 2 và mô hình hồi quy tuyến tính bậc 3 áp dụng mô hình hồi quy tuyến tính bội (M), mô hình hồi quy tuyến tính Ridge (R) và mô hình hồi quy tuyến tính Lasso (L).

	Mô hình MLR bậc 2			Mô hình MLR bậc 3		
	M	R	L	M	R	L
<i>MCE1</i>	3,80±2,03	3,77±2,17	3,80±2,03	2,06±1,28	2,06±1,29	2,06±1,30
<i>MCE2</i>	2,29±1,3	2,28±1,4	2,29±1,31	1,17±0,63	1,17±0,64	1,18±0,65
CV	8,09	8,07	8,04	3,30	3,22	3,25

Mô hình hồi quy tuyến tính bậc 3 có kết quả tốt hơn so với các mô hình hồi quy tuyến tính bậc 2, cụ thể giá trị trung bình khoảng 1,8 đơn vị *MCE1* và 1,1 đơn vị *MCE2*; giá trị CV cũng giảm 4,7. Mô hình hồi quy tuyến tính bậc 3 có *MCE1* đạt giá trị 2,06 thấp hơn giá trị ngưỡng mà mắt người có thể phân biệt được với *MCE1*=2,2 theo công bố của D.H. Brainard (D.H. Brainard, Color Appearance and Color Difference Specification, in: S.K. Shevell (Ed.), SciColor Second Ed., Elsevier B.V., 2003: pp. 191–216). Do đó, không cần thiết phải tạo mô hình hồi quy tuyến tính cao hơn bậc 3 để cải thiện độ chính xác và hiệu suất. Với giá trị CV nhỏ nhất (3,22), mô hình hồi quy tuyến tính bậc 3 được

chọn là mô hình tối ưu cho phương pháp và hệ thống xác định màu cho động vật thủy sản trong môi trường nước.

Theo một phương án cụ thể, khi sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính bậc cao hơn 3 sẽ gia tăng độ chính xác nhưng không đáng kể và dễ làm quá tải cho mô hình tính toán. Theo Bảng 3 ta có thể thấy mô hình hồi quy tuyến tính bậc 4 có giá trị MCE1 nhỏ nhất đạt 1,94 nhưng giá trị CV lại đạt 18,33 cho thấy hiệu suất hoạt động của mô hình hồi quy tuyến tính bậc 4 thấp và gây quá tải trong tính toán và huấn luyện. Mô hình hồi quy tuyến tính bậc 3 có giá trị CV nhỏ nhất (5,26) được chọn là mô hình tối ưu cho phương pháp và hệ thống xác định màu cho vật thể trong môi trường không khí chẳng hạn như gạo rang.

Bảng 3 thể hiện kết quả huấn luyện của tập dữ liệu DSG_76 và ST24 trong mô hình hồi quy tuyến tính bậc 2, hồi quy tuyến tính bậc 3 và hồi quy tuyến tính bậc 4 áp dụng mô hình hồi quy tuyến tính bội (M), mô hình hồi quy tuyến tính Ridge (R) và mô hình hồi quy tuyến tính Lasso (L).

	Mô hình MLR bậc 2			Mô hình MLR bậc 3			Mô hình MLR bậc 4		
	M	R	L	M	L	R	M	R	L
<i>MCE1</i>	3,08	3,08	3,08	2,56	2,60	2,54	1,94	2,55	2,57
CV	6,35	6,32	6,35	6,46	5,26	5,56	18,33	5,4	5,5

Theo một phương án cụ thể, hiệu suất của phương pháp và hệ thống xác định màu sắc cho vật cần xác định màu là gạo rang ST25 và gạo rang Thái được thể hiện theo Bảng 4. Giá trị MCE1 đối với gạo rang ST25 và gạo rang Thái lần lượt là 1,72 và 1,84, và hai giá trị này đều nhỏ hơn ngưỡng phân biệt của mắt người với giá trị MCE1 là 2,2 theo công bố của D.H. Brainard (D.H. Brainard, Color Appearance and Color Difference Specification, in: S.K. Shevell (Ed.), SciColor Second Ed., Elsevier B.V., 2003: pp. 191–216).

Bảng 4 thể hiện kết quả của phương pháp và hệ thống xác định màu sắc theo sáng chế của vật cần xác định màu là gạo rang ST25 và gạo rang Thái thông qua mô hình hồi quy tuyến tính bội bậc 3.

Hệ số	Kết quả kiểm tra	
	ST25	Thái
Giá trị MCE2	1,72	1,84
Giá trị sai số tối đa	4,39	4,46
Giá trị sai số tối thiểu	0,22	0,37

Theo một phương án cụ thể, đối với việc xác định màu của thực phẩm được xử lý nhiệt để tránh sự suy giảm chất lượng hình ảnh chụp do khói hoặc hơi phát sinh trong quá trình chế biến thì hệ thiết bị chụp ảnh chụp hình ảnh của vật cần xác định màu được điều chỉnh góc nghiêng của máy ảnh một góc từ 30^0 đến 45^0 .

Kết quả của MCE1 và MCE2 của phương pháp và hệ thống xác định màu đối với vật thể là gạo rang theo sáng chế so với các phương pháp xác định màu trong các mô hình nghiên cứu tương tự thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5 thể hiện hiệu suất của phương pháp và hệ thống xác định màu theo sáng chế so với các phương pháp đã biết.

Đối chứng	Huấn luyện		Kiểm tra	
	MCE1	MCE2	MCE1	MCE2
Sáng chế	2,6	1,73	1,72 (gạo ST25); 1,84 (gạo Thái)	1,11 (gạo ST25); 1,33 (gạo Thái)
Tomasevic và cộng sự	-	-	6,7-26 (thịt)	1,33
Goni và cộng sự	2,51	-	5,88 (mẫu thực phẩm)	-
Tarlak và cộng sự	2,39-3,23	-	1,61-5,93 (thực phẩm)	-
Pace và cộng sự	-	-	16,05 (cà rốt)	11,52
Jackman và cộng sự	2,10	-	2,35 (thịt heo hầm)	-
Leon và cộng sự	-	-	5,26 (miếng khoai tây chế biến)	4,34

Theo một phương án cụ thể, sáng chế đề cập đến việc xác định màu của cá hề trong môi trường nước mà không thực hiện các tác động xâm lấn đối với cá hề. Đầu tiên tiến hành tạo tập dữ liệu huấn luyện bao gồm: hình ảnh bảng màu chuẩn dùng trong trường hợp xác định màu cho cá hề trong nước được sử dụng là tập dữ liệu bao gồm 76 mảng màu trong gam màu sRGB được trích xuất từ tập dữ liệu DSG96, gọi tắt là tập dữ liệu DSG76 thể hiện như trong FIG.1A, trong đó tập dữ liệu DSG96 bao gồm 96 mảng màu thu thập từ ColorChecker® Digital SG (X-rite, PANTONE).

Theo đó, tiến hành sử dụng nhiều mẫu đất sét có màu sắc tương tự như cá hề đặt trong môi trường nước và tiến hành chụp hình thông qua hệ thiết bị chụp ảnh và truyền hình ảnh về máy chủ. Tập dữ liệu huấn luyện cho cá hề bao gồm 36 mẫu màu đất sét tương tự với vùng màu sắc của cá hề được chọn tương tự như ở FIG.4A, gọi là tập dữ liệu CLAY_36 và 15 mẫu màu đất sét để kiểm tra, gọi là tập dữ liệu CLAY_15. Giá trị màu R, G, B trung bình của ảnh chụp 51 mẫu đất sét trong môi trường nước được xác định thông qua mô đun xác định màu R, G, B 111 trong mô đun tiền xử lý hình ảnh 110. Các giá trị màu L^* , a^* , b^* của 51 mẫu màu đất sét trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ được xác định chính xác bằng máy xác định màu (CR-410, Konica Minolta, Tokyo, Nhật Bản).

Tiến hành huấn luyện cho mô đun đo màu 120 theo mô hình hồi quy tuyến tính Linear Regression – LR) với công thức sau: $y = [L^*, a^*, b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước a) để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình (Mean color error – MCE) giữa giá trị y tìm được và giá trị màu L^* , a^* , b^* của vật thể tham chiếu là thấp nhất; trong đó y là giá trị màu $L^*a^*b^*$ tìm được trong công thức (1); x là véc-tơ đặc trưng bao gồm các thành phần được tính từ giá trị màu R, G, B và có dạng $R^mG^nB^k$ trong đó bậc m, n, k có giá trị từ 0 đến 3; và M là ma trận chuyển đổi. Trong đó véc-tơ x là véc-tơ bậc 3 và bậc mô hình hồi quy tuyến tính là bậc 3.

Để việc tính toán trở nên đơn giản thì ta tiến hành xác định màu sắc trên một vùng màu xác định của cá hề khoảng 5,2 mm x 5,2 mm (tương đương với 27 mm^2 hoặc kích thước 60 điểm ảnh x 60 điểm ảnh (pixel)) được chọn trên các vùng cơ thể 410, 420, và

430 tương tự nhau của ba con cá hề thể hiện ở FIG.4 được chụp bởi hệ thiết bị chụp ảnh thể hiện trong FIG.1E và truyền về máy chủ để xử lý.

Tiếp theo, tiến hành xác định giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB của hình ảnh cá hề thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 và chuyển giá trị màu R, G, B này vào mô đun đo màu đã được huấn luyện trước đó; trong đó hình ảnh của cá hề đã được điều chỉnh độ sáng.

Cuối cùng, xác định giá trị màu $L^*a^*b^*$ trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh cá hề tại đầu ra của mô đun đo màu 120. Kết quả xác định màu vùng cơ thể 410, 420 và 430 trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của 3 chú cá hề ở FIG.4 được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6 thể hiện thông tin màu sắc trên cùng một vị trí trên thân của 3 mẫu cá hề và giá trị MCE2 với mô hình hồi quy tuyến tính bậc 3.

Mẫu cá	Giá trị màu trung bình của vùng xác định màu trên thân cá hề theo chiều L, a*, b*			Độ sai biệt màu trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ (MCDM)
	L*	a*	b*	
Mẫu cá hề 1	39,01	15,88	35,7	2,51±1,23
Mẫu cá hề 2	35,29	14,88	34,53	3,78±1,79
Mẫu cá hề 3	44,27	12,28	33,5	3,59±1,69

Bảng 6 cho thấy màu sắc trung bình theo chiều L, a*, b* và độ sai biệt màu trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của vùng cơ thể 410, 420 và 430 của ba mẫu cá hề trong FIG.4. Độ sai biệt màu trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ (MCDM – Mean Color Difference from the $L^*a^*b^*$ Mean) giúp xác định sự không đồng nhất về màu sắc mà mắt thường hoặc máy đo màu không phân biệt được thể hiện qua các ô lưới (mesh plots) và bản đồ đường đồng mức (contour plots) như trong FIG.4A. Ở mẫu cá hề 3 dường như bị lệch màu nhẹ khi đánh giá trực quan mặc dù giá trị MCDM chỉ đạt $3,59 \pm 1,69$. Do đó, phép đo màu sắc của màu cá hề dựa trên thị giác máy có khả năng phân tích sự khác biệt về màu sắc trong một vùng da của cá thông qua các giá trị MCDM.

Theo đó, phương pháp xác định màu cho cá hề dựa theo sáng chế giúp xác định màu cho những vùng nhỏ với kích thước 0,1 mm trên thân cá hề mà không xâm lấn. Máy đo màu không thể xử lý được vùng đo màu với kích thước nhỏ như vậy được. Kết quả chủ yếu là do sử dụng các mẫu đất sét đại diện cho cá hề trong môi trường nước sử dụng cho tập dữ liệu huấn luyện và áp dụng điều chỉnh độ sáng để giảm thiểu sự chiếu sáng không đồng đều cũng như sai số đầu vào. Do đó, phương pháp xác định màu theo sáng chế giúp dự đoán được tình trạng sức khỏe của cá hề mà không xâm lấn. Điều này có thể áp dụng cho các loài cá khác có kích thước lớn hơn.

Theo FIG.5 thể hiện sơ đồ khối của máy chủ xử lý hình ảnh nhận được từ hệ thiết bị chụp ảnh theo một phương án của sáng chế. Máy chủ xử lý hình ảnh 310 có thể kết nối với cụm máy chủ xử lý ảnh khác khác từ 310-1 đến 310-n thông qua mạng kết nối 320 và kênh giao tiếp 399. Theo một phương án của sáng chế, tất cả các máy chủ IoT từ 310, 310-1 đến 310-n có thể kết nối với nhau thông qua thiết lập máy chủ trung tâm-máy chủ phụ (master-slave configuration) thông qua kênh giao tiếp 399 với một máy chủ đóng vai trò máy chủ trung tâm được thiết lập với vai trò như một mạng kết nối các máy chủ từ 310 đến 310-n.

Theo một phương án cụ thể, hệ thiết bị chụp ảnh từ 150 đến 170 sẽ chụp lại hình ảnh tham chiếu 101 và hình ảnh của vật thể cần xác định màu 102 và truyền về máy chủ để xử lý thông qua mạng kết nối 320 và kênh giao tiếp 399. Các hình ảnh này sẽ được lưu trữ trong bộ nhớ của máy chủ 310 hoặc lưu trữ trên mạng kết nối 320 để làm dữ liệu huấn luyện hoặc dữ liệu kiểm tra, dữ liệu so sánh hoặc thống kê tùy theo mục đích sử dụng.

Mạng kết nối có thể là mạng kết nối điện toán biên, mạng kết nối điện toán hoặc mạng kết nối điện toán điện toán đám mây (edge/fog/cloud network), mạng kết nối như mạng nano (nanomạng kết nối), mạng BAN (Body Area Mạng kết nối □ BAN), mạng PAN (Personal Area Mạng kết nối □ PAN), mạng LAN (Local Area Mạng kết nối □ LAN), mạng CAN (Campus/Corporate Area Mạng kết nối □ CAN), mạng MAN (Metropolitan Area Mạng kết nối □ MAN), mạng WAN (wide area mạng kết nối □ WAN), và mạng lưới MAN (Mesh Area Mạng kết nối – MAN), hoặc kết hợp giữa các loại trên.

Kênh giao tiếp 399 có thể là kênh giao tiếp không dây như Bluetooth, 4G, LTE, 5G, Wi-Fi, Zigbee, Z-wave, sóng radio (radio frequency – RF), giao tiếp tầm gần (Near Field Communication – NFC), hoặc các chuẩn giao tiếp vật lý như RS-232, RS-485, USB, hoặc kết hợp của các chuẩn giao tiếp trên.

Theo FIG. 6, máy chủ IoT 310 bao gồm vi điều khiển (microprocessor) 350 giao tiếp với bộ nhớ 330 thông qua thiết bị kết nối (bus) (không thể hiện trong FIG.4). Máy chủ 310 còn bao gồm nguồn 352, bộ điều khiển giao diện mạng (network interface) 353, bộ nhớ chỉ đọc (ROM – Read-only memory)/ bộ nhớ khả biến (RAM – Random Access Memory) 354, giao diện xuất/nhập (local input/output interface) 355, thiết bị hiển thị (display) 356, bàn phím (keyboard) 357, giao diện âm thanh (audio interface) 358, và con chuột máy tính (pointing device) 359. Nguồn 212 cung cấp năng lượng cho máy chủ xử lý hình ảnh 310. Giao diện xuất/nhập 215 giúp kết nối giữa vi điều khiển 350 với các thiết bị ngoại vi như thiết bị hiển thị (display) 356, bàn phím 357 và chuột máy tính 359.

Bộ nhớ 330 bao gồm hệ điều hành hệ thống đầu vào/ra cơ bản BIOS (Basic Input/Output System – BIOS) 331 để điều khiển máy chủ xử lý hình ảnh, dữ liệu hình ảnh 332 của hệ thiết bị chụp ảnh từ 150 đến 170. Thiết bị lưu trữ (Data storage) 222 có thể được dùng để lưu trữ dữ liệu mạng kết nối của máy chủ IoT 200. Ngoài ra máy chủ IoT 210-1 còn bao gồm những thành phần thông thường khác của một máy tính mà không được mô tả chi tiết trong bản mô tả này.

Máy chủ xử lý hình ảnh 310 còn bao gồm mô đun xác định màu sắc 400, trong đó bao gồm mô đun tiền xử lý hình ảnh 110 để xác định giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB và tiến hành điều chỉnh độ sáng của hình ảnh tham chiếu 101 hoặc/và hình ảnh vật thể cần xác định màu 102; mô đun đo màu 120 nhận dữ liệu hình ảnh đã điều chỉnh độ sáng bao gồm hình ảnh tham chiếu 101 để tiến hành huấn luyện cho mô đun đo màu 120 theo mô hình hồi quy tuyến tính Linear Regression – LR) với công thức sau: $y=[L^*a^*b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước 201 để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình (Mean color error – MCE) giữa giá trị y tìm được và giá trị màu L^* , a^* , b^* của hình ảnh tham chiếu là thấp nhất tương ứng với tập dữ liệu huấn luyện và mô hình hồi quy tuyến tính tối ưu cho mô đun đo màu; trong đó

y là giá trị màu L^* , a^* , b^* tìm được trong công thức (1); x là véc-tơ đặc trưng bao gồm các thành phần được tính từ giá trị màu R , G , B và có dạng $R^m G^n B^k$ trong đó bậc m , n , k có giá trị từ 0 đến 3; và M là ma trận chuyển đổi. Sau đó tiến hành xác định giá trị màu $L^*a^*b^*$ trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh vật thể cần xác định màu tại đầu ra của mô đun đo màu 120.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên hình ảnh thông qua máy tính, bao gồm:

a) điều chỉnh độ sáng hình ảnh trước khi xác định giá trị màu đỏ (Red)-lục (Green)-lam (Blue) (hay còn gọi là giá trị màu R, G, B) thông qua quy trình bao gồm các bước:

i. tiến hành giảm nhiễu và giảm chi tiết cho bộ ảnh chụp đại diện cho vật thể thông qua hàm Gaussian và thu được ma trận I_0 của ảnh giảm nhiễu;

ii. tiến hành tính toán ma trận các giá trị hiệu chuẩn thông qua công thức: $I_1 = I/I_0$, trong đó I là ma trận độ sáng trung bình mà các phần tử của I có giá trị là giá trị trung bình của ma trận I_0 ;

iii. tiến hành khử nhiễu thông qua biến đổi Wavelet (Wavelet-based denoising) để giảm nhiễu cho ma trận các giá trị hiệu chuẩn I_1 với hàm wavelet Daubechies và số bậc (wavelet decomposition levels) phù hợp trong khoảng từ 3 đến 8;

b) xác định giá trị màu R, G, B của hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu trong hệ không gian màu RGB thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và giá trị màu $L^*a^*b^*$ của vật thể đại diện cho vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu thông qua máy đo màu; trong đó hình ảnh tham chiếu hoặc vật thể đại diện của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu đã được điều chỉnh độ sáng; và thu được tập dữ liệu huấn luyện;

c) huấn luyện mô đun đo màu theo mô hình hồi quy tuyến tính Linear Regression – LR) với công thức sau: $y = [L^*a^*b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước a) để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình (Mean color error – MCE) giữa giá trị y tìm được và giá trị màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh tham chiếu là thấp nhất;

trong đó y là giá trị màu $L^*a^*b^*$ tìm được trong công thức (1); x là véc-tơ đặc trưng bao gồm các thành phần được tính từ giá trị màu R, G, B và có dạng $R^m G^n B^k$ trong đó bậc m, n, k có giá trị từ 0 đến 3; và M là ma trận chuyển đổi;

d) xác định giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB của hình ảnh vật thể cần xác định màu thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và chuyển giá trị màu R, G, B này vào mô đun đo màu đã được huấn luyện trước đó; trong đó hình ảnh của vật thể cần xác định màu đã được điều chỉnh độ sáng;

e) xác định giá trị màu L^* , a^* , b^* trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh vật thể cần xác định màu tại đầu ra của mô đun đo màu; trong đó bước xác định giá trị màu R, G, B, bước huấn luyện mô đun đo màu, và bước xác định màu sắc màu sắc trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ được thực hiện thông qua một hoặc nhiều bộ vi xử lý.

2. Phương pháp xác định màu sắc theo điểm 1, trong đó hình ảnh tham chiếu bao gồm hình ảnh bảng màu chuẩn và hình ảnh đại diện cho vật thể cần xác định màu với giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB được xác định trước thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và giá trị màu L^* , a^* , b^* của hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu được xác định trước thông qua máy đo màu.

3. Phương pháp xác định màu sắc theo điểm 1, trong đó hình ảnh tham chiếu và hình ảnh vật thể cần xác định màu thuộc về vùng màu sRGB (Standard Red Green Blue).

4. Phương pháp xác định màu sắc theo điểm 1, trong đó mô hình hồi quy tuyến tính có bậc từ 1 đến 3.

5. Phương pháp xác định màu sắc theo điểm 4, trong đó mô hình hồi quy tuyến tính bao gồm: mô hình hồi quy tuyến tính bội (Multiple linear regression – MLR), mô hình hồi quy tuyến tính Lasso (Lasso linear regression), mô hình hồi quy tuyến tính Ridge (Ridge linear regression).

6. Hệ thống thực hiện phương pháp xác định màu sắc động vật thủy sản hoặc vật thể dựa trên ảnh chụp theo điểm 1 bao gồm:

i) ít nhất một buồng chụp được che sáng; trong đó nguồn sáng được bố trí ở phía trên bề mặt vật thể cần xác định màu sao cho ánh sáng phân bố đều trên vật thể;

ii) ít nhất một thiết bị chụp ảnh được đặt nghiêng một góc từ 30^0 đến 90^0 so với vật thể cần chụp;

iii) ít nhất một mạng kết nối giúp truyền và nhận dữ liệu ảnh chụp từ thiết bị chụp ảnh đến máy chủ xử lý ảnh chụp và giữa các máy chủ xử lý hình ảnh với nhau;

iv) ít nhất một máy chủ xử lý hình ảnh bao gồm:

ít nhất một vi xử lý;

ít nhất một bộ lưu trữ dữ liệu để chứa mô đun xác định màu sắc được điều khiển bởi vi xử lý; trong đó mô đun xác định màu sắc bao gồm:

mô đun tiền xử lý hình ảnh xác định giá trị màu đỏ (Red)-lục (Green)-lam (Blue) (hay còn gọi là giá trị màu R, G, B) hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu và hình ảnh vật thể cần xác định màu trong hệ không gian màu RGB và xác định giá trị màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu thông qua máy đo màu; trong đó hình ảnh tham chiếu hoặc vật thể đại diện của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu và vật thể cần xác định màu đã được điều chỉnh độ sáng; và thu được tập dữ liệu huấn luyện và lưu trữ vào bộ lưu trữ dữ liệu;

mô đun đo màu được huấn luyện theo mô hình hồi quy tuyến tính (Linear Regression – LR) với công thức sau: $y = [L^*a^*b^*] = x.M$ (1) và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước a) để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình (Mean color error – MCE) giữa giá trị y tìm được và giá trị màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh tham chiếu là thấp nhất;

trong đó y là giá trị màu $L^*a^*b^*$ tìm được trong công thức (1); x là véc-tơ đặc trưng bao gồm các thành phần được tính từ giá trị màu R, G, B và có dạng $R^m G^n B^k$ trong đó bậc m, n, k có giá trị từ 0 đến 3; và M là ma trận chuyển đổi; và

xác định giá trị màu $L^*a^*b^*$ trong hệ không gian màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh vật thể cần xác định màu tại đầu ra của mô đun đo màu.

7. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó các nguồn sáng có chỉ số hoàn màu CRI (Color Rendering Index) có giá trị từ 90 trở lên.
8. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó còn bao gồm thiết bị chứa vật thể và môi trường mà vật thể đang sống.
9. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó thiết bị chụp ảnh được đặt nghiêng một góc từ 30° đến 45° so với vật thể cần chụp khi vật thể xác định màu được xử lý nhiệt.

10. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó thiết bị chụp ảnh được đặt vuông góc 90^0 với động vật thủy sản.
11. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó hình ảnh tham chiếu bao gồm hình ảnh bảng màu chuẩn và hình ảnh đại diện cho vật thể cần xác định màu với giá trị màu R, G, B trong hệ không gian màu RGB được xác định trước thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và giá trị màu $L^*a^*b^*$ của hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu được xác định trước thông qua máy đo màu.
12. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó hình ảnh tham chiếu và hình ảnh vật thể cần xác định màu thuộc về vùng màu sRGB (Standard Red Green Blue).
13. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó mô hình hồi quy tuyến tính có bậc từ 1 đến 3.
14. Hệ thống xác định màu sắc theo điểm 6, trong đó mô hình hồi quy tuyến tính bao gồm: mô hình hồi quy tuyến tính bội (Multiple linear regression – MLR), mô hình hồi quy tuyến tính Lasso (Lasso linear regression), mô hình hồi quy tuyến tính Ridge (Ridge linear regression).

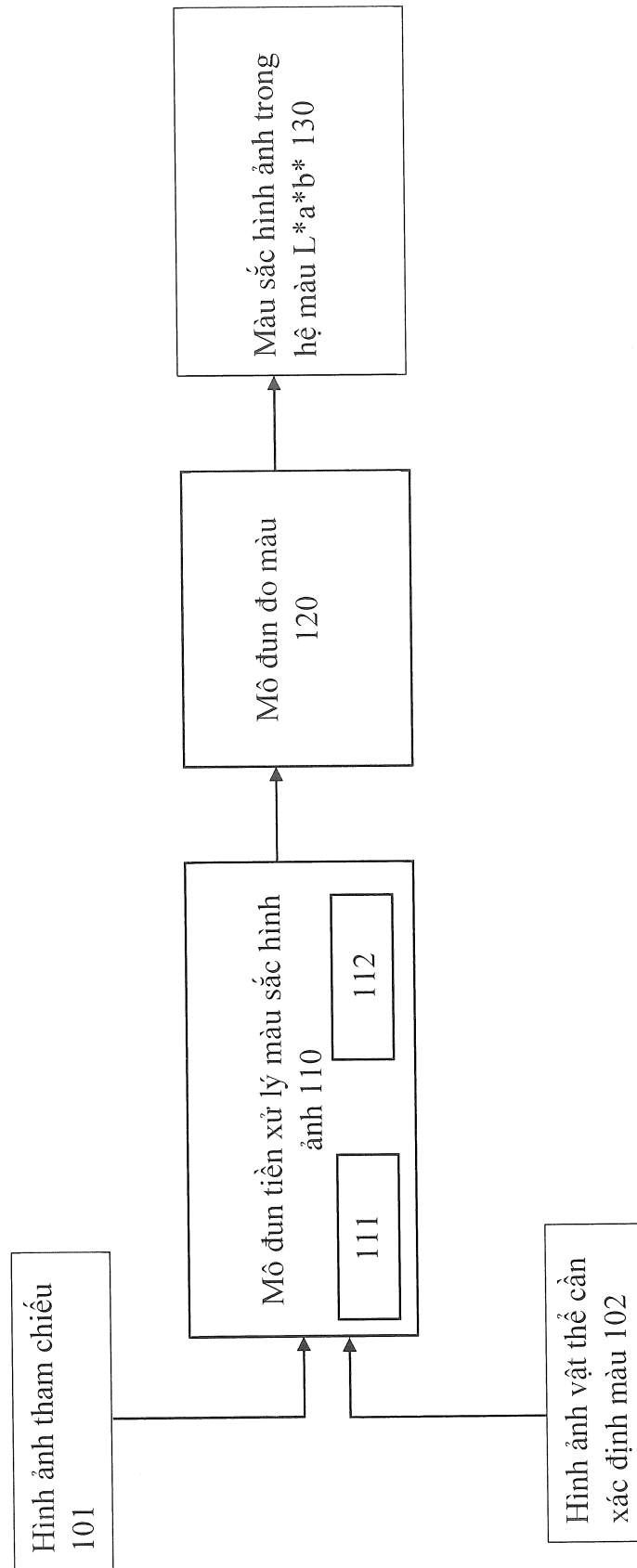


FIG.1

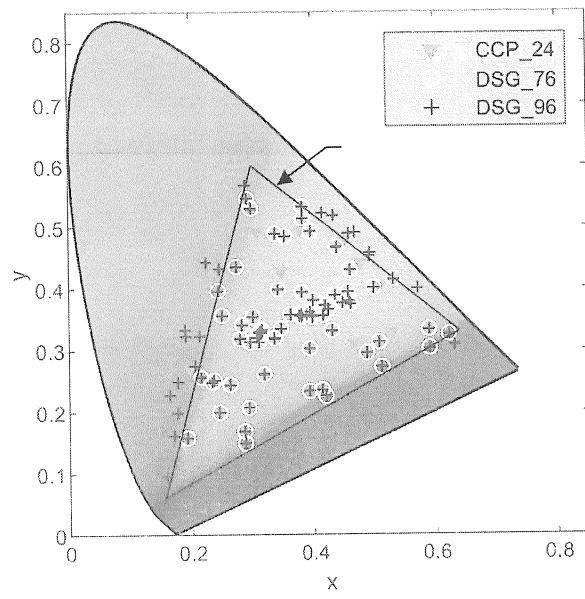


FIG. 1A

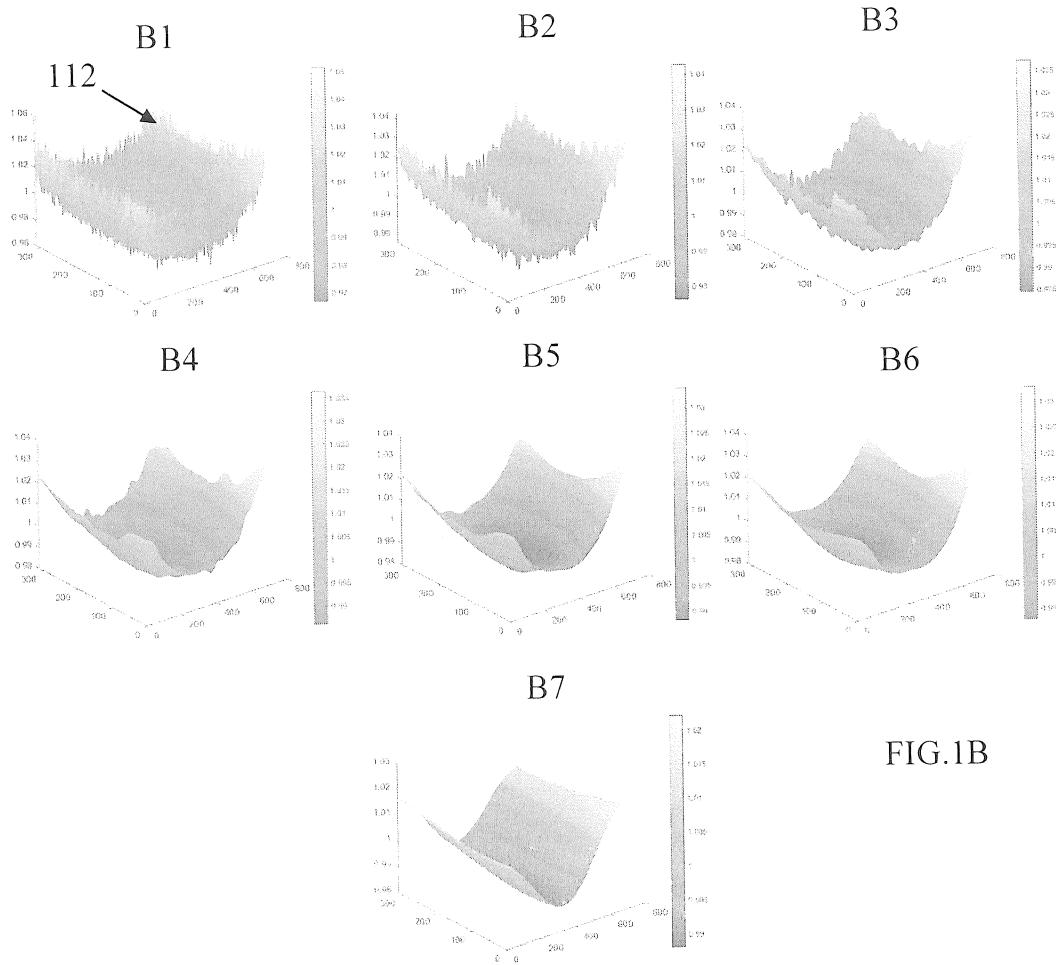
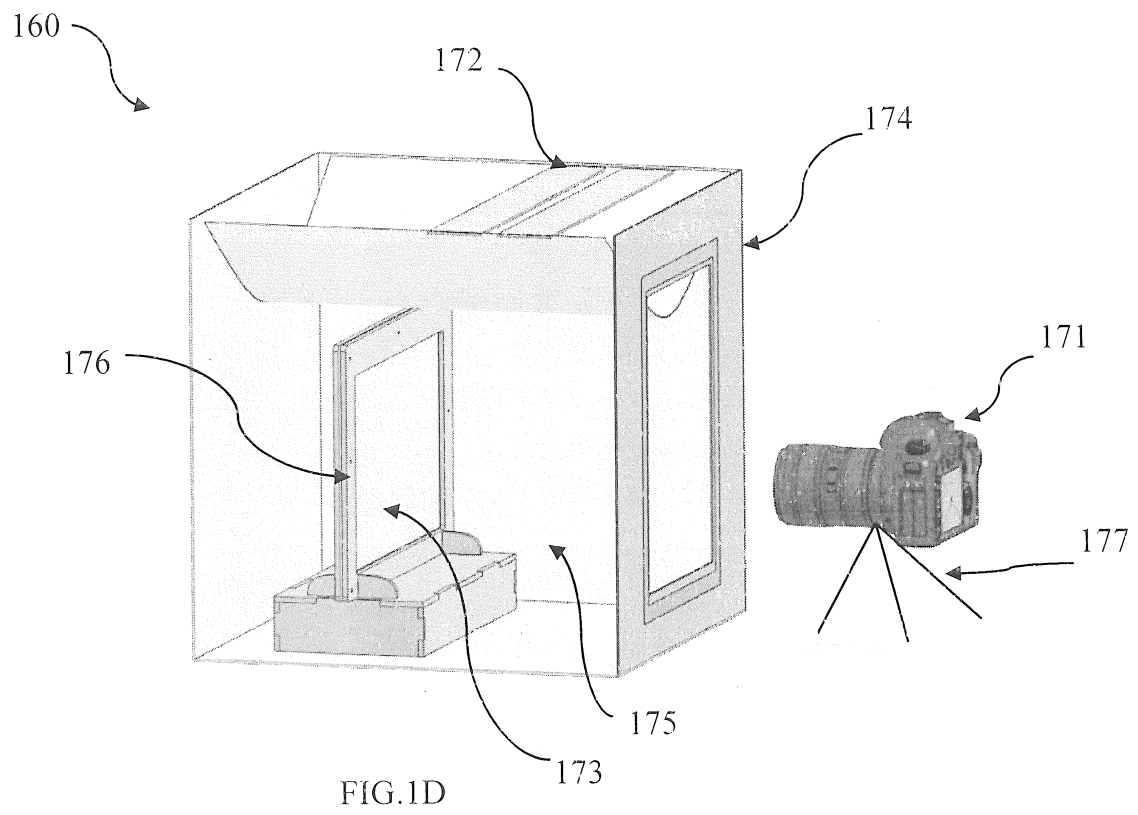
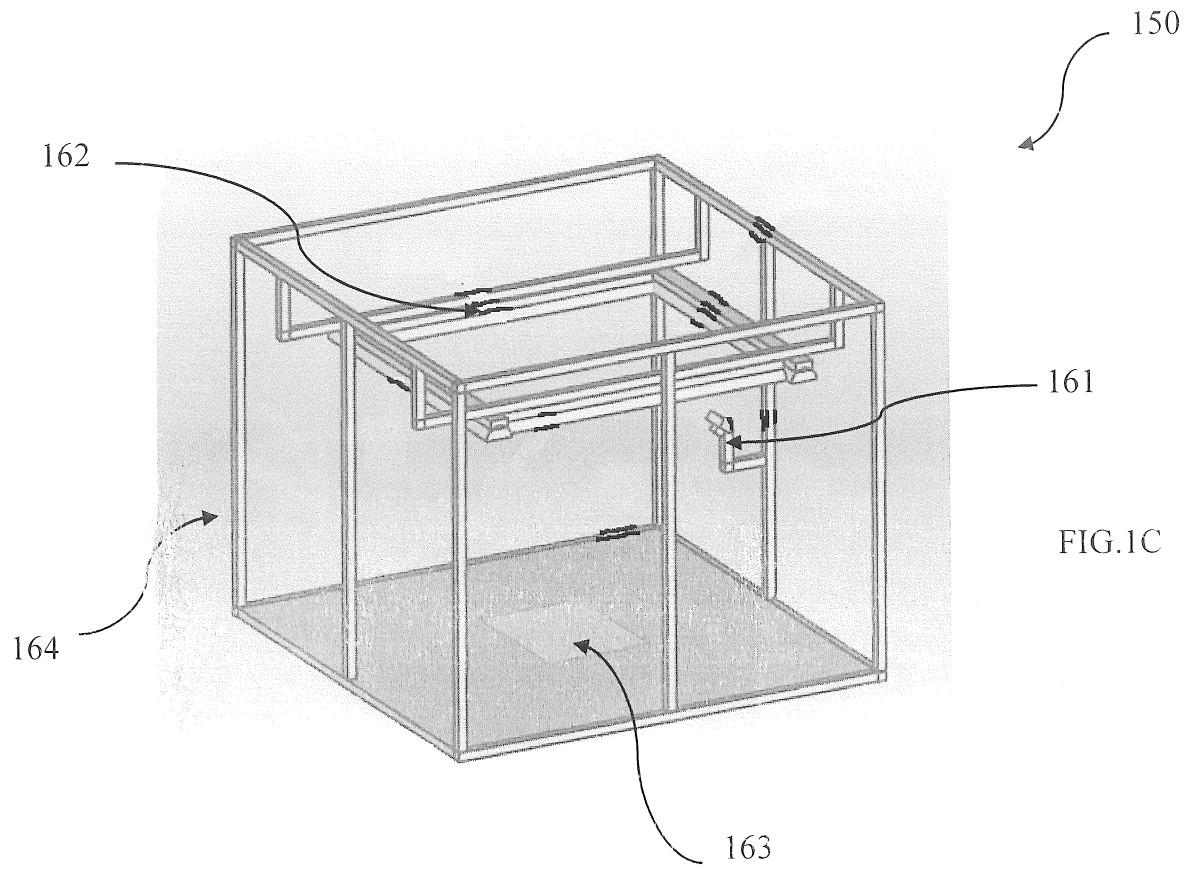


FIG. 1B



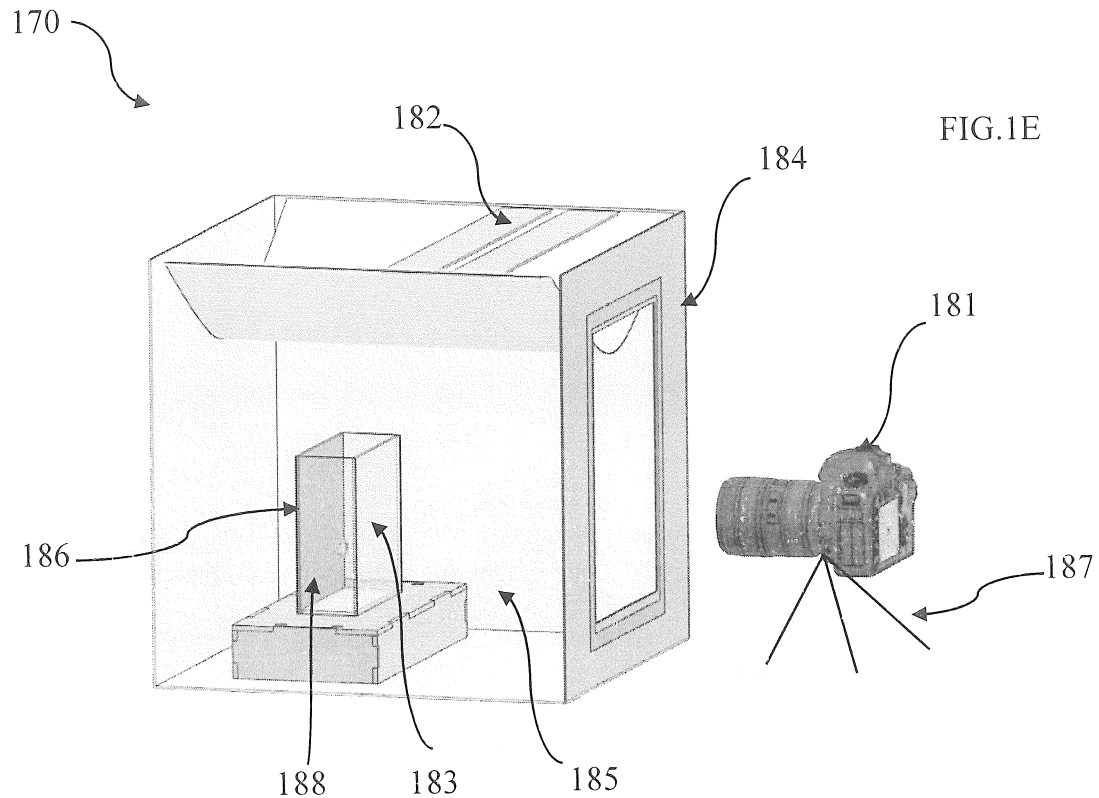


FIG. 1E

Xác định giá trị màu đỏ-lục-lam hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu trong hệ không gian màu RGB thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh và giá trị màu L , a^* , b^* của hình ảnh tham chiếu của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu thông qua máy đo màu

201

FIG. 2

Huấn luyện mô đun huấn luyện theo mô hình hồi quy tuyến tính với công thức sau: $y = [L, a, b] = x.M(1)$ và tập dữ liệu huấn luyện thu được ở bước 201 để liên tục điều chỉnh M sao cho giá trị sai biệt màu trung bình và sai số chéo của giữa giá trị y tìm được và giá trị màu L , a^* , b^* của hình ảnh tham chiếu là thấp nhất

202

Xác định giá trị màu đỏ-lục-lam hình ảnh của vật thể cần xác định màu trong môi trường xác định màu trong hệ không gian màu RGB thông qua mô đun tiền xử lý hình ảnh

203

Xác định giá trị màu L , a^* , b^* trong hệ không gian màu La^*b^* của hình ảnh vật thể cần xác định màu tại đầu ra của mô đun huấn luyện

204

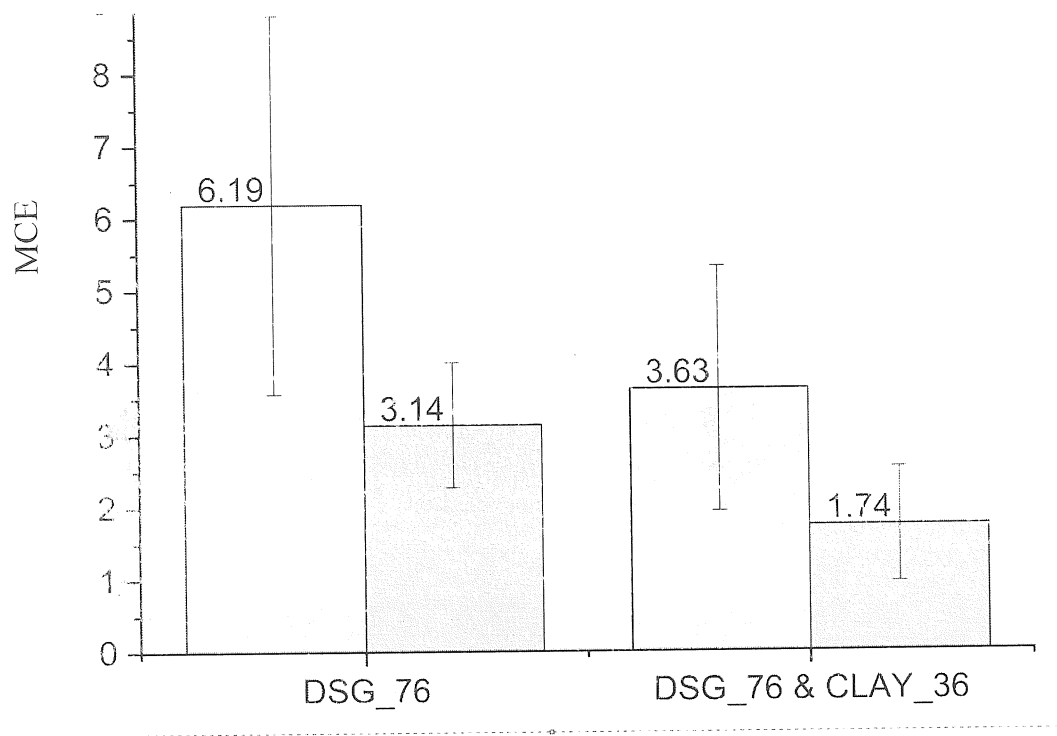


FIG.3

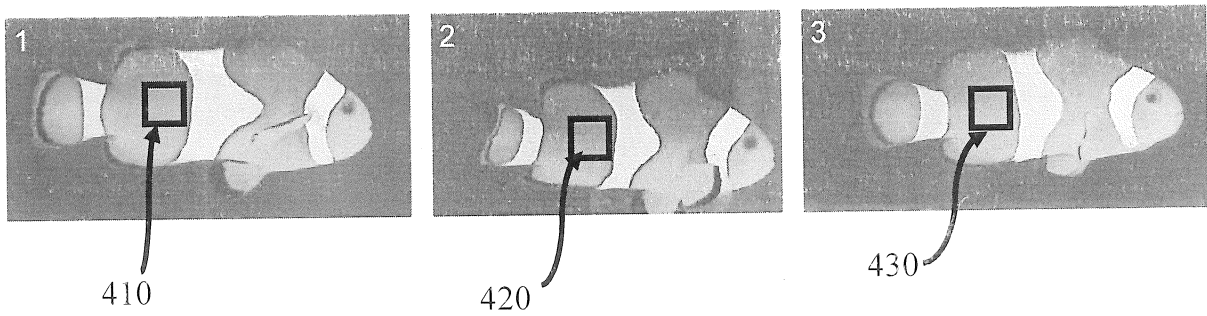


FIG.4

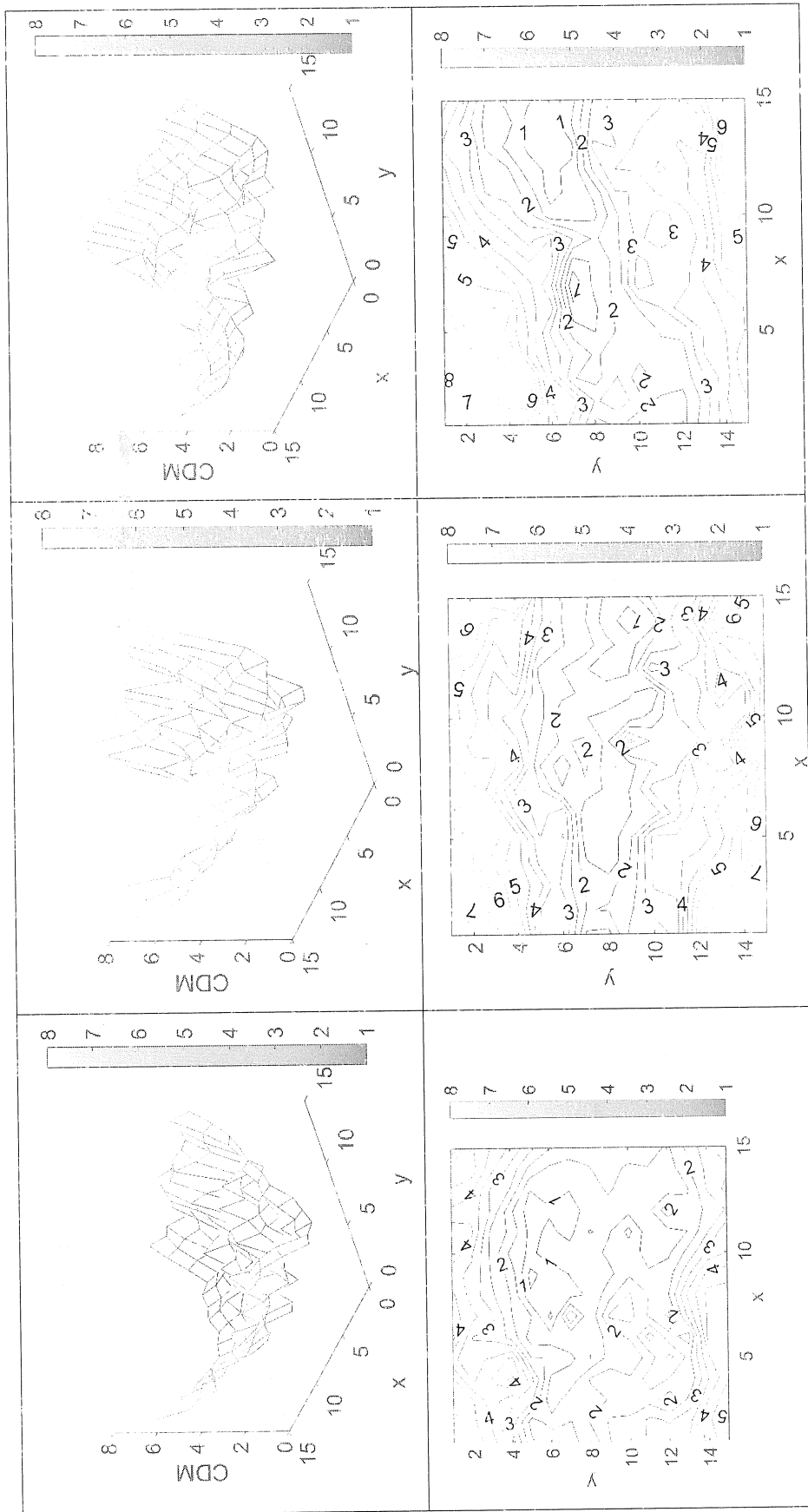


FIG. 4A

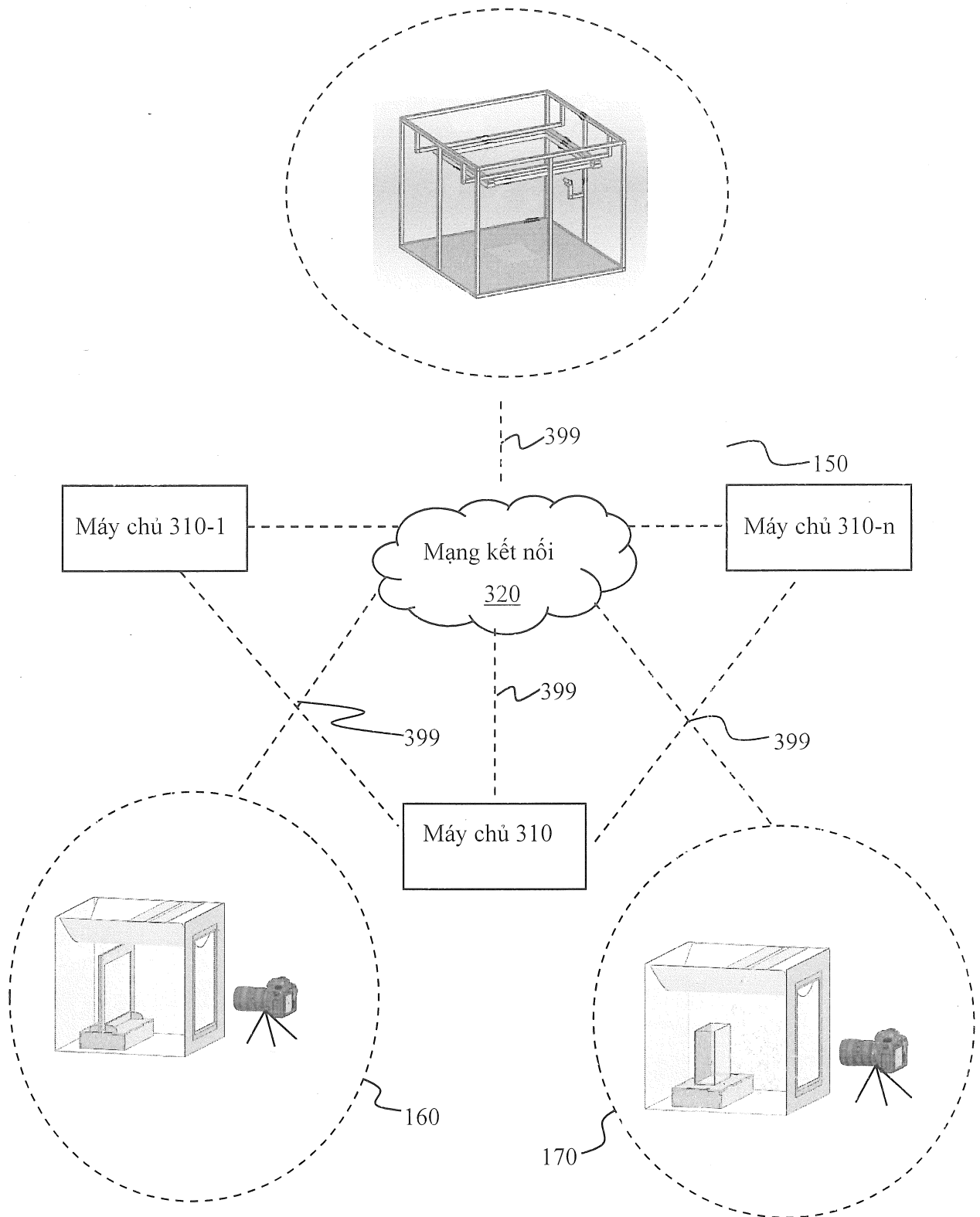


FIG. 5

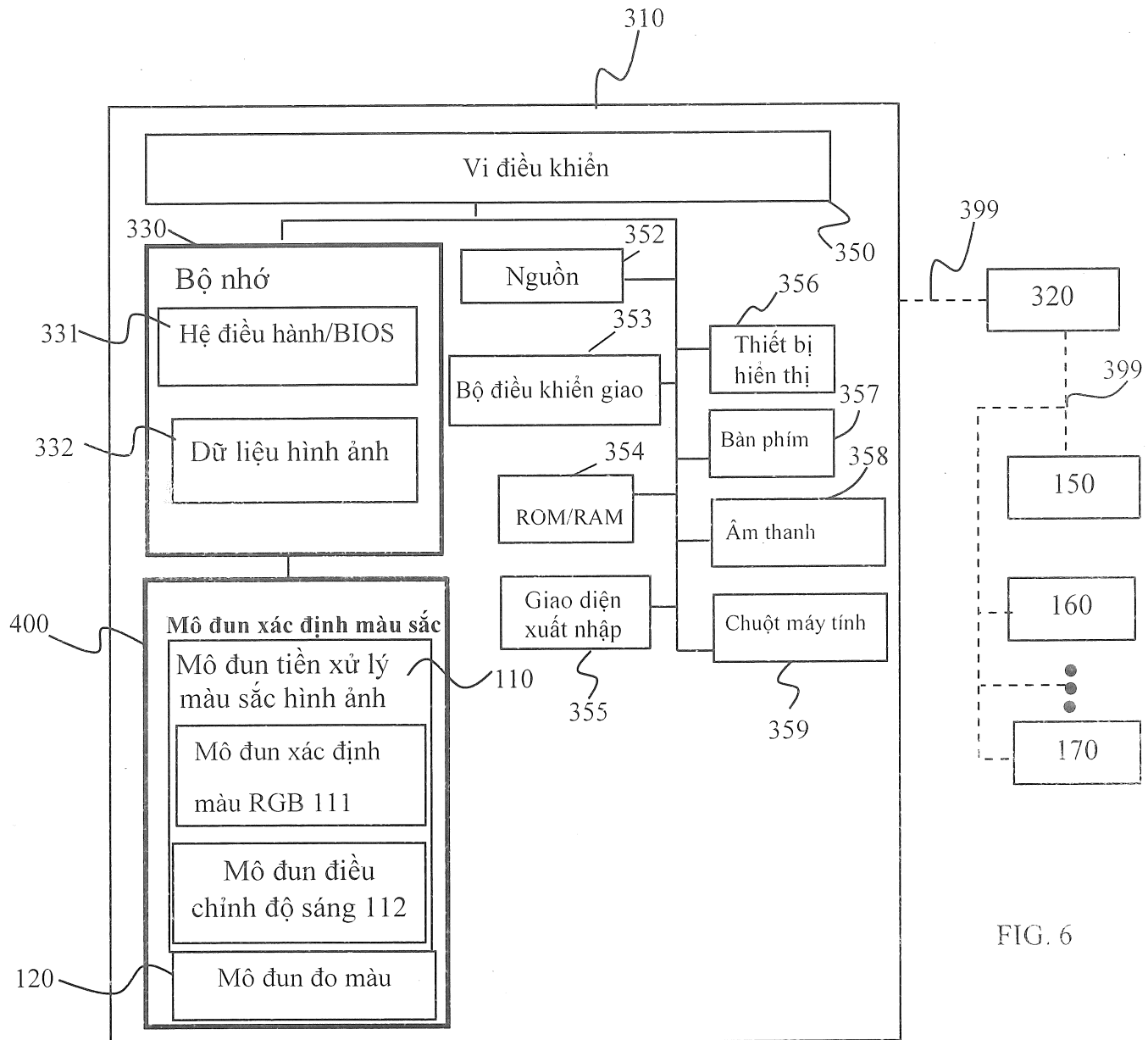


FIG. 6