



(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)



1-0028914

(51)^{2019.01} G01B 11/00; G06T 7/254; G01P 3/36

(13) B

(21) 1-2019-05381

(22) 01/06/2018

(86) PCT/JP2018/021293 01/06/2018

(87) WO 2018/221746 06/12/2018

(30) 2017-109620 02/06/2017 JP

(45) 25/07/2021 400

(43) 25/03/2020 384ASC

(73) GPRO CO., LTD. (JP)

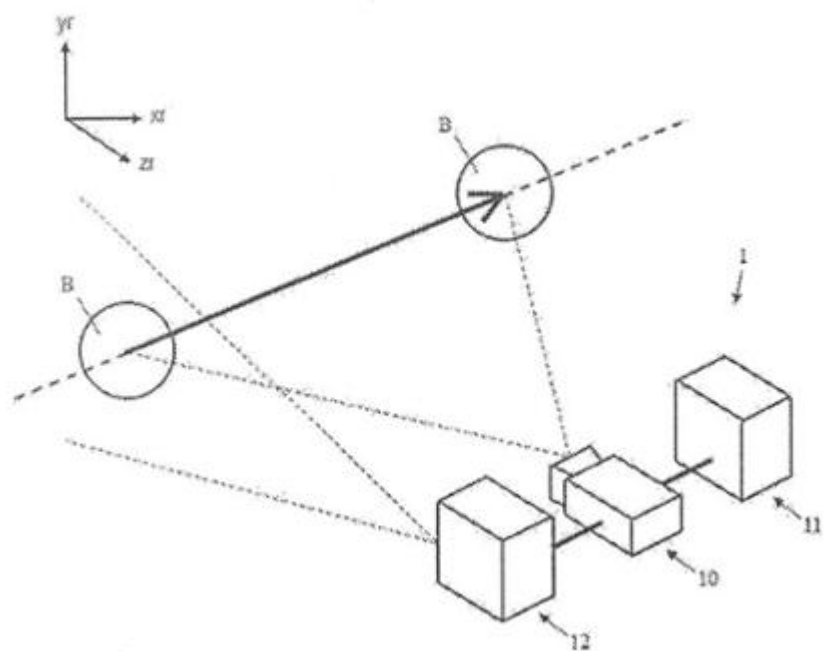
5-14-12 Minamitsukaguchi-cho, Amagasaki-shi, Hyogo 6610012, Japan

(72) KAWAMOTO Hideaki (JP); Đỗ Việt Mạnh (VN); Lương Hồng Quân (VN).

(74) Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW)

(54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO THÔNG SỐ BAY

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị đo thông số bay bao gồm phần chụp ảnh (210) để chụp liên tục quả bóng đang bay bằng máy ảnh. Phần đối chiếu hình ảnh (203) tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách làm cho kích thước của hình ảnh quả bóng thứ nhất tương ứng với kích thước của hình ảnh quả bóng thứ hai. Phần xây dựng mô hình 3D (204) xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất đã được tạo vào hệ tọa độ chung. Phần quay ảo (205) quay ảo mô hình 3D được xây dựng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất trong hệ tọa độ chung bằng cách sử dụng thông số quay ban đầu được ước tính trước và thông tin ma trận quay. Phần tạo hình ảnh đã ghi nhận (206) tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt có thể nhìn thấy, được chụp từ máy ảnh trong mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay, vào hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt nhìn thấy được. Phần tính toán độ lệch (207) trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai, tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai, trong hình ảnh quả bóng thứ hai và tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai. Phần xác định thông số quay (208) lặp lại bước quay ảo mô hình 3D, tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và tính toán độ lệch bằng cách thay đổi thông số quay ban đầu và xác định thông số quay để giảm thiểu độ lệch so với thông số quay thực của quả bóng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị và phương pháp đo thông số bay.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trước đây đã có nhiều kỹ thuật đo các thông số bay (thông số phóng) của quả bóng, chẳng hạn như quả bóng gôn. Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp đo các thông số phóng của một đối tượng đang bay. Phương pháp này bao gồm bước chụp một số lượng lớn hình ảnh của vật thể đang bay, xác định bán kính của vật thể và tâm của vật thể trong mỗi hình ảnh và tính toán vận tốc, góc lên và góc phương vị dựa trên bán kính của đối tượng, tâm của đối tượng và các giá trị căn chỉnh máy ảnh được đo trước. Hơn nữa, phương pháp này bao gồm bước cắt các hình ảnh thành hình vuông nhỏ nhất bao quanh đối tượng, làm phẳng các hình ảnh từ dạng hình cầu sang hệ tọa độ Đề-cát, rồi chuyển từ hệ tọa độ Đề-cát sang hệ tọa độ cực với một loạt các tâm quay được chọn, và dựa trên sự phù hợp của cặp ảnh theo tọa độ cực, đo trục quay và tốc độ quay.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ phương pháp xác định thông số của đối tượng đang chuyển động. Phương pháp này bao gồm các bước hiệu chỉnh ống kính máy ảnh để thiết lập hướng (x, y, z) cho mọi điểm ảnh (x, y) trong mặt phẳng hình ảnh của máy ảnh, xác định các yếu tố hiệu chỉnh căn chỉnh, chụp nhiều hình ảnh của đối tượng đang chuyển động, tìm đối tượng trong số các hình ảnh, tính toán tọa độ ba chiều cho mỗi hình ảnh và tính toán vectơ vận tốc của đối tượng từ tọa độ ba chiều. Hơn nữa, phương pháp này bao gồm các bước quay hình ảnh tham chiếu của các hình ảnh bằng loạt phép quay thứ nhất trong số các phép quay, thay đổi tỷ lệ hình ảnh tham chiếu được quay theo hình ảnh mục tiêu, liên kết hình ảnh tham chiếu với hình ảnh mục tiêu để thu được số điểm tăng dần của các điểm, lặp lại các bước quay, thay đổi tỷ lệ và liên kết theo cách tinh chỉnh từng bước để có được điểm số cao nhất trong số các điểm và sử dụng loạt phép quay tốt nhất của đa số các phép quay để xác định các thông số của vật đang chuyển động.

Tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1

Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (đơn PCT vào pha quốc gia) số 2016-

540185

Tài liệu sáng chế 2

Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (đơn PCT vào pha quốc gia) số 2005-529339

Khi các thông số bay của quả bóng được tính toán dựa trên hình ảnh quả bóng được chụp bằng máy ảnh, đã có nhiều phương pháp xử lý hình ảnh khác nhau nhưng một phương pháp thực sự hiệu quả vẫn đang được tìm kiếm. Trong tài liệu sáng chế 1 và 2 nêu trên, vấn đề là có nhiều quy trình (bước) cần thiết để đo các thông số bay rất phức tạp, và cần phải có khả năng xử lý và thời gian xử lý. Và, độ chính xác của các thông số bay đo được vẫn chưa rõ ràng. Ở đây, các thông số bay thường bao gồm thông số chuyển động là tốc độ bóng, góc phóng và góc bên của vật thể đang chuyển động và thông số quay là trục quay và tổng số vòng quay của vật thể, nhưng rất khó tính chính xác thông số quay.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo đó, sáng chế được đề xuất như một giải pháp cho các vấn đề nêu trên và mục đích của sáng chế là tạo ra thiết bị đo thông số bay và phương pháp đo thông số bay có thể đo chính xác các thông số bay của quả bóng bằng phương pháp xử lý hình ảnh đơn giản.

Thiết bị đo thông số bay theo sáng chế bao gồm phần chụp ảnh, phần đối chiếu hình ảnh, phần xây dựng mô hình 3D, phần quay ảo, phần tạo hình ảnh đã ghi nhận, phần tính toán độ lệch và phần xác định thông số quay. Phần chụp ảnh chụp liên tục quả bóng đang bay bằng máy ảnh, và thu được hình ảnh quả bóng thứ nhất biểu thị quả bóng trong ảnh chụp thứ nhất được chụp trước và hình ảnh quả bóng thứ hai biểu thị quả bóng trong ảnh chụp thứ hai được chụp sau. Phần đối chiếu hình ảnh tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách làm cho kích thước của hình ảnh quả bóng thứ nhất tương ứng với kích thước của hình ảnh quả bóng thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh. Phần xây dựng mô hình 3D xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất đã được tạo sang hệ tọa độ chung của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tạo. Phần quay ảo thực hiện việc quay ảo mô hình 3D được xây dựng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất bằng cách sử dụng thông số quay ban đầu được ước tính trước và thông tin ma trận quay. Phần tạo hình ảnh

đã ghi nhận tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt có thể nhìn thấy, được chụp từ máy ảnh trong mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay, thành hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt nhìn thấy được. Phần tính toán độ lệch trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai, tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai, trong hình ảnh quả bóng thứ hai và tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai. Phần xác định thông số quay lặp lại bước quay ảo mô hình 3D, tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và tính toán độ lệch bằng cách thay đổi thông số quay ban đầu, và xác định thông số quay để giảm thiểu độ lệch so với thông số quay thực của quả bóng.

Phương pháp đo thông số bay theo sáng chế bao gồm bước chụp ảnh, bước đổi chiều hình ảnh, bước xây dựng mô hình 3D, bước quay ảo, bước tạo hình ảnh đã ghi nhận, bước tính toán độ lệch, và bước xác định thông số quay tương ứng với mỗi bộ phận của thiết bị đo thông số bay.

Hiệu quả của sáng chế

Thiết bị và phương pháp theo sáng chế có thể đo chính xác các thông số bay của quả bóng bằng phương pháp xử lý ảnh đơn giản.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là lược đồ thể hiện thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 2 là sơ đồ khối chức năng thể hiện thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 3 là sơ đồ thể hiện các bước được thực hiện bởi thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 4A là hình vẽ thể hiện ví dụ về ảnh chụp và hình ảnh nhị phân.

Fig. 4B là hình vẽ thể hiện ví dụ về bước trích xuất đối tượng trong hình ảnh nhị phân và tính toán tọa độ trung tâm và bán kính của quả bóng trong hình ảnh nhị phân.

Fig. 5A là lược đồ thể hiện mối quan hệ giữa hệ tọa độ máy ảnh của ảnh chụp và hệ tọa độ chung của máy ảnh.

Fig. 5B là lược đồ khi tọa độ z trong hệ tọa độ chung của quả bóng được tính toán.

Fig. 6A là lược đồ thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ bóng, góc phóng và góc bên của quả bóng.

Fig. 6B là lược đồ thể hiện hình ảnh quả bóng thứ nhất tương ứng với hình ảnh quả

bóng thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh.

Fig. 7A là lược đồ thể hiện giá trị điểm ảnh của một điểm ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất.

Fig. 7B là lược đồ thể hiện mô hình 3D được xây dựng bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thành hệ tọa độ chung của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất.

Fig. 8A là lược đồ thể hiện bề mặt có thể nhìn thấy của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay được trích xuất bằng cách quay ảo mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất.

Fig. 8B là lược đồ thể hiện độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai.

Fig. 9A là hình vẽ thể hiện ví dụ về việc tái tạo hình ảnh quả bóng bằng cách xử lý Retinex, xử lý nhị phân và xử lý bản vá lỗi.

Fig. 9B là lược đồ thể hiện độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai tùy thuộc vào sự hiện diện của việc tái tạo hình ảnh quả bóng.

Fig. 10A là hình vẽ thể hiện ví dụ về hình ảnh thể hiện trạng thái khi các thông số bay của quả bóng gôn được robot đánh gôn phóng ra được đo.

Fig. 10B là biểu đồ thể hiện kết quả đo tốc độ của quả bóng gôn bằng cách sử dụng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường và thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 11A là đồ thị thể hiện kết quả đo các góc phóng của quả bóng gôn bằng cách sử dụng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường và thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 11B là đồ thị thể hiện kết quả đo các góc bên của quả bóng gôn bằng cách sử dụng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường và thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 12A là đồ thị thể hiện kết quả đo trục quay của quả bóng gôn bằng cách sử dụng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường và thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Fig. 12B là biểu đồ thể hiện kết quả đo tổng số vòng quay của quả bóng gôn bằng cách sử dụng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường và thiết bị đo thông số bay theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ưu tiên của sáng chế sẽ được giải thích bên dưới dựa vào các hình vẽ kèm theo để làm rõ sáng chế. Các phương án dưới đây là các ví dụ minh họa sáng chế và không giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig. 1, thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế bao gồm máy ảnh 10 và phần tính toán thông số bay 11. Máy ảnh 10 là máy ảnh tốc độ cao cho phép chụp ảnh liên tục ở tốc độ cao trong thời gian ngắn. Nếu máy ảnh 10 theo sáng chế có thể thu được hình ảnh phù hợp, số lượng máy ảnh 10 không bị giới hạn cụ thể, có thể sử dụng một hoặc nhiều (ví dụ: hai) máy ảnh. Thiết bị đo thông số bay 1 bắt đầu chụp ảnh bằng máy ảnh 10 tại thời điểm quả bóng đi vào trong tầm chụp của máy ảnh 10 và chụp quả bóng B di chuyển (bay hoặc phóng) trong chế độ chụp liên tục ở tốc độ cao trong khoảng thời gian định trước.

Phần tính toán thông số bay 11 được kết nối truyền thông với máy ảnh 10, khi thu được nhiều (ví dụ: hai) ảnh chụp bao gồm bóng B được chụp bởi máy ảnh 10, tính toán thông số bay của bóng B khi chuyển động dựa trên các ảnh chụp. Thông số bay bao gồm thông số chuyển động và thông số quay. Thông số chuyển động có nghĩa là tốc độ (TỐC ĐỘ BÓNG) của bóng B, góc phóng (GÓC PHÓNG) và góc bên (GÓC BÊN). Thông số quay có nghĩa là trục quay (TRỤC QUAY) và tổng số vòng quay (TỔNG SỐ VÒNG QUAY). Ngoài ra, vòng quay ngược có nghĩa là vòng quay theo hướng ngược lại với hướng bay của quả bóng B và vòng quay sang bên có nghĩa là vòng quay theo hướng bên so với trục quay. Có thể tính toán vòng quay ngược và vòng quay sang bên từ tốc độ của bóng B, góc phóng, góc bên, trục quay và tổng số vòng quay.

Ở đây, để kịp thời chụp quả bóng B trong tầm chụp của máy ảnh 10, thiết bị đo thông số bay 1 bao gồm phần phát hiện quả bóng 12. Kết cấu của phần phát hiện quả bóng 12 không bị giới hạn cụ thể. Ví dụ, phần phát hiện quả bóng 12 bao gồm phần chiếu tia hồng ngoại để chiếu tia hồng ngoại trong tầm chụp (ví dụ, ở gần phần cuối của góc chụp) của máy ảnh 10, phần nhận tia hồng ngoại để nhận tia hồng ngoại được chiếu như ánh sáng phản xạ và phần phát hiện ánh sáng phản xạ để phát hiện sự xuất hiện của quả bóng B đang chuyển động trong tầm chụp của máy ảnh 10 dựa trên sự thay đổi của ánh sáng phản xạ thu được. Khi bóng B đi vào tầm chụp, tia hồng ngoại trong tầm chụp phản xạ với bóng B và ánh sáng phản xạ của bóng B thay đổi. Do đó, phần phát hiện quả bóng 12 sử dụng hiện tượng và phát hiện sự xâm nhập của bóng B vào tầm chụp

của máy ảnh 10. Phần chiếu tia hồng ngoại và phần nhận tia hồng ngoại là cùng một bộ. Bằng cách bố trí nhiều bộ theo hướng ngang trong tầm chụp của máy ảnh 10, có thể phát hiện chính xác nơi bóng B đi vào trong tầm chụp của máy ảnh 10. Ngoài ra, có thể sử dụng tia laze hoặc chùm laze thay thế cho tia hồng ngoại. Khi phát hiện bóng B đang chuyển động trong tầm chụp của máy ảnh 10, phần phát hiện quả bóng 12 sẽ gửi tín hiệu phát hiện đến phần tính toán thông số bay 11, phần tính toán thông số bay 11 truyền tín hiệu chụp vào máy ảnh 10 và liên tục chụp ảnh bóng B chuyển động trong tầm chụp của máy ảnh 10.

Ngoài ra, máy ảnh 10, phần tính toán thông số bay 11 và phần phát hiện quả bóng 12 có CPU, ROM, RAM và các linh kiện tương tự nhưng không được hiển thị trên hình vẽ, và ví dụ, CPU sử dụng RAM làm vùng làm việc và thực hiện chương trình được lưu trữ trong ROM và các bộ phận tương tự. Về các phần tương ứng bên dưới, CPU thực thi chương trình để cụ thể hóa các phần tương ứng.

Dựa trên Fig. 2 và Fig. 3, nguyên lý và các bước hiện phương pháp theo một phương án của sáng chế sẽ được giải thích. Thứ nhất, khi người dùng (người chơi) bật nguồn cung cấp năng lượng cho thiết bị đo thông số bay 1, thiết bị đo thông số bay 1 sẽ khởi động và phần phát hiện bóng 12 bắt đầu phát hiện chuyển động của quả bóng B (Fig. 3, S101).

Người chơi đặt quả bóng B (ví dụ: quả bóng gôn) bên cạnh thiết bị đo thông số bay 1, khi người chơi phát quả bóng B bằng gậy chơi gôn E, phần phát hiện quả bóng 12 phát hiện chuyển động bay (phóng) của quả bóng B (Fig. 3, S101YES). Sau đó, phần chụp ảnh 201 của thiết bị đo thông số bay 1 chụp quả bóng B đang bay bằng máy ảnh 10 một cách liên tục (Fig. 3, S102). Tại đây, phần chụp ảnh 201 liên tục chụp bóng bay B bằng máy ảnh 10 ở tốc độ cao trong khoảng thời gian định trước và thu được hai ảnh chụp. Phần chụp ảnh 201 có hình ảnh quả bóng thứ nhất biểu thị bóng B trong ảnh chụp thứ nhất được chụp trước và hình ảnh quả bóng thứ hai biểu thị bóng B trong ảnh chụp thứ hai được chụp sau (ví dụ: tiếp theo).

Khi phần chụp ảnh 201 kết thúc bước chụp, phần tính toán thông số chuyển động 202 của thiết bị đo thông số bay 1 sẽ tính toán thông số chuyển động của quả bóng B dựa trên hình ảnh quả bóng thứ nhất và hình ảnh quả bóng thứ hai.

Phương pháp mà phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán không bị giới hạn cụ thể. Đầu tiên, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán tọa độ trung

tâm (giá trị tọa độ trung tâm) và bán kính của hình ảnh quả bóng thứ nhất và hình ảnh quả bóng thứ hai (hình ảnh quả bóng cho mỗi ảnh chụp thứ nhất và ảnh chụp thứ hai) (Fig. 3, S103). Cụ thể, như được thể hiện trên Fig. 4A, phần tính toán thông số chuyển động 202 nhị phân hóa (thực hiện xử lý nhị phân) ảnh chụp thứ nhất 401 và tạo ra hình ảnh nhị phân 402 để xác định cạnh ngoài (phác thảo) của đối tượng trong ảnh chụp thứ nhất 401. Đối tượng được xác định bởi hình ảnh nhị phân 402 chủ yếu có đủ độ lệch về mật độ so với khu vực ngoại vi.

Khi ảnh chụp thứ nhất 401 là hình ảnh đủ màu, phần tính toán thông số chuyển động 202 chuyển đổi ảnh chụp thứ nhất 401 thành hình ảnh tỷ lệ màu xám biểu thị giá trị điểm ảnh (giá trị mật độ) của điểm ảnh với 256 giá trị, chuyển đổi điểm ảnh, có giá trị điểm ảnh bằng hoặc nhiều hơn ngưỡng định trước, thành "1" (màu trắng), chuyển đổi điểm ảnh, có giá trị điểm ảnh nhỏ hơn ngưỡng, thành "0" (màu đen) và tạo ra hình ảnh nhị phân 402 khi chuyển đổi. Ngưỡng được xác định trước để làm cho cạnh ngoài của bóng B (hình ảnh quả bóng) trong ảnh trở nên rõ ràng.

Ở đây, có thể bao gồm đối tượng (ví dụ: cạnh của gậy chơi gôn E) ngoại trừ (không bao gồm) bóng B (hình ảnh quả bóng) trong số các đối tượng được xác định cạnh ngoài. Sau đó, như được thể hiện trên Fig. 4A, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán cạnh dài l của đối tượng 402a cho các đối tượng tương ứng 402a được xác định ở cạnh ngoài trong hình ảnh nhị phân 402, tính diện tích S1 của vòng tròn 402b, có cạnh dài được tính l là đường kính, và diện tích S2 ở cạnh ngoài của đối tượng 402a và tính tỷ lệ diện tích S1/S2 thu được bằng cách chia diện tích S1 của vòng tròn 402b cho diện tích S2 ở cạnh ngoài của đối tượng 402a. Và, phần tính toán thông số chuyển động 202 xác định đối tượng 402a có tỷ lệ diện tích S1/S2 là gần nhất với 1 trong số các tỷ lệ diện tích tính toán S1/S2 của các đối tượng là quả bóng B. Cụ thể, tỷ lệ diện tích S1/S2 gần nhất với 1 có nghĩa là diện tích S1 của vòng tròn 402b làm cho cạnh dài l đường kính bằng với diện tích S2 ở cạnh ngoài của đối tượng 402a và đối tượng 402a là một hình tròn. Theo cách này, có thể chắc chắn xác định được bóng B trong hình ảnh nhị phân 402.

Và, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán tọa độ tâm c và bán kính r của quả bóng B được xác định trong hình ảnh nhị phân 402. Tọa độ tâm c của quả bóng B được tính là tọa độ hai chiều (xic, yic) (điểm ảnh) của hình ảnh nhị phân 402 trong hệ tọa độ máy ảnh (hệ thống tọa độ hình ảnh). Hệ tọa độ máy ảnh là hệ tọa độ có gốc tại

tâm của ảnh chụp 401 (hoặc hình ảnh đã nhị phân hóa 402), có trục hoành tại trục x (x_i) và có trục tung tại trục y (y_i). Bán kính r của bóng B được tính bằng số điểm ảnh (điểm ảnh). Khi kết thúc tính toán tọa độ tâm c và bán kính r của bóng thứ nhất B (ảnh bóng thứ nhất) trong ảnh chụp thứ nhất 401, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán tọa độ tâm c và bán kính r của bóng thứ hai B (ảnh bóng thứ hai) trong ảnh chụp thứ hai bằng cách xử lý ảnh chụp thứ hai tương tự như cách xử lý nêu trên.

Tiếp theo, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán tọa độ tâm c trong hệ tọa độ chung (hệ tọa độ thực) dựa trên tọa độ tâm đã tính c và bán kính r đã tính của bóng B (ảnh bóng) và thông tin liên quan đến hiệu chuẩn của máy ảnh 10 cho mỗi ảnh chụp thứ nhất và ảnh chụp thứ hai (Fig. 3, S104).

Phương pháp mà phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán không bị giới hạn cụ thể. Ở đây, thông tin liên quan đến hiệu chuẩn của máy ảnh 10 có nghĩa là thông tin ma trận hiệu chuẩn. Như được thể hiện trên Fig. 5A, thông tin ma trận hiệu chuẩn liên kết tọa độ hai chiều (x_a, y_a) (điểm ảnh) của ảnh chụp 501 (điểm A tùy ý trên ảnh chụp 501) trong hệ tọa độ máy ảnh với tọa độ ba chiều (x_{ra}, y_{ra}, z_{ra}) (chiều dài) của ảnh chụp 501 (điểm A tùy ý) trong hệ tọa độ chung. Hệ tọa độ máy ảnh có gốc tọa độ tại tâm CI của ảnh chụp 501 tương ứng với khoảng cách tiêu cự f (chiều dài) của máy ảnh 10. Hệ tọa độ chung có gốc tọa độ tại tâm CR của máy ảnh 10. Ví dụ: thông tin ma trận hiệu chuẩn có thể là thông tin ma trận K, thông tin ma trận P và thông tin tương tự. Và ảnh chụp 501 được đặt theo chiều dọc cho trục z ở vị trí cách nhau ở tiêu cự f (chiều dài) đối với vật chụp theo hướng trục z từ tâm CR của máy ảnh 10. Hệ tọa độ máy ảnh có trục hoành tại trục x (x_i), có trục tung tại trục y (y_i). Hệ tọa độ chung có trục hoành tại trục x (x_r), có trục tung tại trục y (y_r) và có trục sâu (trục quan sát hoặc trục quang học) tại trục z (z_r).

Phần tính toán thông số chuyển động 202 chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh {hệ tọa độ hai chiều (x_{ic}, y_{ic})} của hệ tọa độ trung tâm c của bóng B thành hệ tọa độ chung {tọa độ ba chiều (x_{rc}, y_{rc}, z_{rc})} bằng cách sử dụng thông tin ma trận hiệu chuẩn.

Ở đây, giá trị tọa độ z trong hệ tọa độ ba chiều (x_{rc}, y_{rc}, z_{rc}) trong hệ tọa độ chung được tính bằng thông tin ma trận hiệu chuẩn là giá trị tọa độ z của điểm A tùy ý trên ảnh chụp 501, vì vậy tất cả các giá trị tọa độ z của các điểm A tùy ý trên ảnh chụp 501 có cùng giá trị. Do đó, giá trị tọa độ z trong hệ tọa độ chung của quả bóng B bay theo hướng trục z cần được tính bằng một phương pháp khác.

Vì vậy, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính giá trị tọa độ az trong hệ tọa độ chung của bóng B dựa trên mối quan hệ với bán kính r đã tính của bóng B và góc θ giữa hai đầu trái và phải của bóng B của ảnh chụp 501 trong hệ tọa độ chung theo hướng trục z trên cơ sở tâm CR của máy ảnh 10 trong hệ tọa độ chung bằng cách sử dụng định luật Co-si. Như được thể hiện trên Fig. 5B, theo các công thức (1) và (2) dưới đây, định luật Co-si được thiết lập giữa khoảng cách l của cả hai đầu phải và trái của quả bóng B của ảnh chụp 501, khoảng cách l tương ứng với đường kính 2r của bóng B, khoảng cách D giữa đầu trái (hoặc đầu phải) của bóng B của ảnh chụp 501 và tâm CR của máy ảnh 10 trong hệ tọa độ chung và góc giữa hai đầu phải và trái của bóng B của ảnh chụp 501 theo hướng trục z trên cơ sở tâm CR của máy ảnh 10 trong hệ tọa độ chung.

$$l_{sup2} = D_{sup2} + D_{sup2} - 2 * D * \cos\theta = 2D_{sup2} * (1 - \cos\theta) \dots (1)$$

$$D = \text{SQR} \{ l_{sup2} / (2 * (1 - \cos\theta)) \} \dots (2)$$

Phần tính toán thông số chuyển động 202 chuyển đổi điểm ảnh của bán kính r của quả bóng B thành chiều dài bằng cách sử dụng thang đo được tính toán trước để chuyển đổi độ dài (kích thước thực) từ điểm ảnh, tính toán đường kính l (= 2r) (chiều dài) của bóng B từ bán kính chuyển đổi r (chiều dài) của bóng B, tính góc θ (độ) giữa hai đầu phải và trái của bóng B của ảnh chụp 501 theo hướng trục z từ khoảng cách tiêu cự f (chiều dài) của máy ảnh 10 và đường kính l (chiều dài) của quả bóng B, và tính khoảng cách D (chiều dài) thu được bằng cách thay thế đường kính l (chiều dài) của quả bóng B và góc θ (độ) vào công thức (2). Ở đây, khoảng cách D (chiều dài) xấp xỉ với giá trị tọa độ z trong hệ tọa độ chung của bóng B, do đó, phần tính toán thông số chuyển động 202 ước tính khoảng cách tính D (chiều dài) trong giá trị tọa độ z trong hệ tọa độ chung của quả bóng B. Ngoài ra, quá trình xử lý trên được thực hiện cho từng quả bóng thứ nhất và quả bóng thứ hai.

Và, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán thông số chuyển động (tốc độ bóng BS, góc phóng LA và góc bên SA) của bóng B dựa trên tọa độ trung tâm c đã tính {tọa độ ba chiều (xrcj, yrcj, zrcj) (j = 1, 2)} của quả bóng thứ nhất và quả bóng thứ hai và khoảng thời gian chụp ảnh quả bóng thứ nhất và hình ảnh quả bóng thứ hai (Fig. 3, S105).

Phương pháp mà phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán không bị giới hạn cụ thể. Như được thể hiện trên Fig. 6A, tốc độ bóng BS, góc phóng LA và góc bên SA có thể được tính dựa trên tọa độ trung tâm c1 {tọa độ ba chiều (xrc1, yrc1, zrc1)}

của bóng thứ nhất B1 của ảnh chụp thứ nhất trong hệ tọa độ chung, tọa độ trung tâm c2 {tọa độ ba chiều (xrc2, yrc2, zrc2)} của bóng thứ hai B2 của ảnh chụp thứ hai, lần thứ nhất t1 (giây) khi ảnh chụp thứ nhất 401 và lần thứ hai t2 (giây) khi ảnh chụp thứ hai 401 được chụp.

Cụ thể, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán tốc độ (Vx, Vy, Vz) của bóng B trên mỗi trục trong hệ tọa độ chung bằng cách thay thế giá trị trên vào các công thức (3) (4) (5) và (6) sau và tính tốc độ tổng thể BS của bóng B.

$$V_x = (xrc2 - xrc1) / (t2 - t1) \dots (3)$$

$$V_y = (yrc2 - yrc1) / (t2 - t1) \dots (4)$$

$$V_z = (zrc2 - zrc1) / (t2 - t1) \dots (5)$$

$$BS = \text{SQR} (V_{x\text{sup}2} + V_{y\text{sup}2} + V_{z\text{sup}2}) \dots (6)$$

Và, phần tính toán thông số chuyển động 202 tính toán góc phóng LA và góc SA bên trong hệ tọa độ chung bằng cách thay thế tốc độ đã tính (Vx, Vy, Vz) của bóng B trên mỗi trục cho các công thức (7) và (8) sau. Ngoài ra, PI có nghĩa là hằng số của hình tròn.

$$LA = 180 * \{\tan \sup (-1) (V_y/V_x)/PI\} \dots (7)$$

$$SA = 180 * \{\tan \sup (-1) (V_z/V_x)/PI\} \dots (8)$$

Sau khi phần tính toán thông số chuyển động 202 kết thúc bước tính toán thông số chuyển động của quả bóng B, thông số quay của quả bóng B được tính toán. Thứ nhất, phần đối chiếu hình ảnh 203 của thiết bị đo thông số bay 1 tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách tạo hình ảnh quả bóng thứ nhất tương ứng với hình ảnh quả bóng thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh (Fig. 3, S106).

Phương pháp mà phần đối chiếu hình ảnh 203 hoạt động không bị giới hạn cụ thể. Như được thể hiện trên Fig. 6B, lúc đầu, phần đối chiếu hình ảnh 203 đối chiếu vị trí (tọa độ) của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a (trong ảnh chụp thứ nhất) với vị trí (tọa độ) của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a (trong ảnh chụp thứ hai) bằng cách dịch tọa độ trung tâm c1 (xic1, yic1) của ảnh bóng thứ nhất 601a (B1) trong hệ tọa độ máy ảnh với tọa độ trung tâm c2 (xic2, yic2) của ảnh bóng thứ hai 602a (B2) (của ảnh chụp thứ hai 602) trong hệ tọa độ máy ảnh.

Tiếp theo, phần đối chiếu hình ảnh 203 tính tỷ lệ kích thước r2/r1 thu được bằng cách chia bán kính r2 (điểm ảnh) của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a (B2) cho bán kính r1 (điểm ảnh) của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a (B1), nhân tỷ lệ kích thước r2/r1 với

hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a (B1) và tạo ra hình ảnh quả bóng thứ nhất được nhân lên thành hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b thu được bằng cách làm cho kích thước của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a tương ứng với kích thước của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a. Hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b là hình ảnh để điều chỉnh góc chụp của quả bóng thứ nhất B1 thành góc chụp của quả bóng thứ hai B2. Khi bóng B được quay, hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a là hình ảnh trước khi quay, hình ảnh quả bóng thứ hai 602a là hình ảnh sau khi quay và bề mặt (các điểm được ánh xạ) của cả hai đều khác nhau.

Ngoài ra, khi tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b, phần đối chiếu hình ảnh 203 có thể tính tọa độ tương ứng (x_{i11} , y_{i11}) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b tương ứng với tọa độ ngoại vi của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a bằng cách sử dụng tọa độ tâm $c1$ (x_{ic1} , y_{ic1}) của ảnh bóng thứ nhất 601a, tọa độ ngoại vi (x_{i2} , y_{i2}) của ảnh bóng thứ hai 602a và tọa độ trung tâm $c2$ (x_{ic2} , y_{ic2}) của ảnh bóng thứ hai 602a trong hệ tọa độ máy ảnh, tỷ lệ kích thước $r2/r1$ và các công thức (9) và (10) sau.

$$x_{i11} = (x_{i2} - x_{ic2}) * r2/r1 + x_{ic1} \dots (9)$$

$$y_{i11} = (y_{i2} - y_{ic2}) * r2/r1 + y_{ic1} \dots (10)$$

Ở đây, điểm ảnh bao gồm hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a liên kết tọa độ 2D (x_{i1} , y_{i1}) (điểm ảnh) trong hệ tọa độ máy ảnh với giá trị điểm ảnh thể hiện giá trị màu xám, đơn vị của điểm ảnh của hệ tọa độ máy ảnh khác với đơn vị của điểm ảnh của hình ảnh với tỷ lệ kích thước $r2/r1$ (-), và không có số thập phân. Do đó, khi vị trí và kích thước của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a tương ứng với vị trí và kích thước của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a, như được thể hiện trên Fig. 7A, có thể làm lệch các tọa độ ngoại vi (x_{i11} , y_{i11}) của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b trong hệ tọa độ máy ảnh so với tọa độ ngoại vi (x_{i1} , y_{i1}) của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a (trong hệ tọa độ máy ảnh).

Sau đó, phần đối chiếu hình ảnh 203 ước tính (nội suy) giá trị điểm ảnh của điểm ảnh mục tiêu của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b dựa trên giá trị điểm ảnh của bốn điểm ảnh tương ứng (điểm ảnh ngoại vi hoặc điểm ảnh gần hơn) của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a, bốn điểm ảnh sắp xếp một cách ngẫu nhiên đến bốn đầu của điểm ảnh mục tiêu của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b. Theo cách này, có thể đồng hóa sự thay đổi giữa giá trị điểm ảnh của điểm ảnh của hình ảnh

quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và giá trị điểm ảnh của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a và để tính toán chính xác thông số quay.

Cụ thể, phần đối chiếu hình ảnh 203 ước tính giá trị điểm ảnh $I(x_{i11}, y_{i11})$ {theo các tọa độ ngoại vi (x_{i11}, y_{i11}) của hệ tọa độ máy ảnh} của điểm ảnh mục tiêu của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b bằng cách thay thế giá trị điểm ảnh $I(x_{i1}, y_{i1})$, $I(x_{i1} + 1, y_{i1})$, $I(x_{i1} + 1, y_{i1} + 1)$ và $I(x_{i1}, y_{i1} + 1)$ của các điểm ảnh ngoại vi của hình ảnh quả bóng thứ nhất 601a, các điểm ảnh ngoại vi được sắp xếp liền kề tại bốn đầu của điểm ảnh đích của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b theo các công thức (11), (12) và (13) sau.

$$I(x_{i11}, y_{i11}) = I(x_{i1}, y_{i1}) * (1-f_x) * (1-f_y) + I(x_{i1} + 1, y_{i1}) * (1-f_x) * f_y + I(x_{i1} + 1, y_{i1} + 1) * f_x * f_y + I(x_{i1}, y_{i1} + 1) * f_x * (1-f_y) \dots (11)$$

$$f_x = x_{i11} - x_{i1} \dots (12)$$

$$f_y = y_{i11} - y_{i1} \dots (13)$$

Khi phần đối chiếu hình ảnh 203 kết thúc bước khởi tạo, phần xây dựng mô hình 3D 204 của thiết bị đo thông số bay 1 sẽ xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất có được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất đã được tạo 601b trong hệ tọa độ chung của hình ảnh quả bóng đã ghi nhận thứ nhất đã được tạo 601b (Fig. 3, S107).

Phương pháp mà phần xây dựng mô hình 3D 204 xây dựng không bị giới hạn cụ thể. Lúc đầu, như được thể hiện trên Fig. 7B, phần xây dựng mô hình 3D 204 chỉ trích ra một vùng quan tâm (vùng quan tâm: miền quan tâm: ROI (Region of Interest)) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b sử dụng tọa độ trung tâm c_{i1} (điểm ảnh) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và bán kính r_{i1} (điểm ảnh) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b trong hệ tọa độ máy ảnh. Hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b biểu thị quả bóng (gọi quả bóng đã ghi nhận thứ nhất $B1'$). Cụ thể, phần xây dựng mô hình 3D 204 tính toán tọa độ điểm bắt đầu b_{i1} (x_{ib11}, y_{ib11}) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b (trong hệ tọa độ máy ảnh) và tọa độ điểm cuối e_{i1} (x_{ie11}, y_{ie11}) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b (trong hệ tọa độ máy ảnh) bằng cách sử dụng tọa độ trung tâm c_{i1} (x_{ic11}, y_{ic11}) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b, bán kính r_{i1} (điểm ảnh) của quả bóng đã ghi nhận thứ nhất $B1'$ và các công thức sau (14), (15), (16) và (17).

$$xib11 = xic11 - r11 \dots (14)$$

$$yib11 = yic11 - r11 \dots (15)$$

$$xie11 = xic11 + r11 \dots (16)$$

$$yie11 = yic11 + r11 \dots (17)$$

Khu vực được bao quanh bởi vòng tròn bán kính $r11$ với tọa độ tâm $c11$ ($xic11$, $yic11$) làm tâm của vòng tròn là hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b (hình ảnh ROI). Tiếp theo, phần xây dựng mô hình 3D 204 chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh {tọa độ hai chiều ($xi11$, $yi11$)} của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được trích xuất 601b của hình ảnh ROI thành hệ tọa độ chung {tọa độ ba chiều ($xr11$, $yr11$, $zr11$)} bằng cách sử dụng thông tin ma trận hiệu chuẩn.

Ở đây, như đã đề cập ở trên, tất cả các giá trị tọa độ z ($zr11$) trong hệ tọa độ chung được tính toán bằng thông tin ma trận hiệu chuẩn đều có cùng giá trị trên hình ảnh ROI của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b, do đó, giá trị tọa độ z cần phải được tính toán bằng phương pháp khác.

Hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b được tạo thành hình bán cầu theo hướng trục z ở duy nhất bán kính $r11$ (chiều dài) của quả bóng đã ghi nhận thứ nhất $B1'$ từ tọa độ trung tâm $c11$ ($xrc11$, $yr11$) (chiều dài) của quả bóng đã ghi nhận thứ nhất $B1'$ ba chiều, và bao gồm bề mặt có thể nhìn thấy (một vùng nhìn thấy) của quả bóng đã ghi nhận thứ nhất $B1'$ được chụp (nhìn thấy) từ máy ảnh 10.

Sau đó, phần xây dựng mô hình 3D 204 chuyển đổi điểm ảnh của bán kính $r11$ của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b ($B1'$) thành chiều dài của bán kính $r11$ của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b ($B1'$), như được thể hiện trên Fig. 7B, tạo thành bề mặt có thể nhìn thấy 601c của quả bóng được ghi nhận thứ nhất hình bán cầu $B1'$ về phía máy ảnh 10 bằng cách sử dụng tọa độ trung tâm $c11$ ($xrc11$, $yr11$) (chiều dài) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b trong hệ tọa độ chung và bán kính $r11$ (chiều dài) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b ($B1'$). Phần xây dựng mô hình 3D 204 mở rộng đường thẳng lz chiếu theo hướng trục z (về phía máy ảnh 10) từ điểm ảnh mục tiêu C ($xr11$, $yr11$) (điểm được ánh xạ) {trong tọa độ đích ($xr11$, $yr11$) của hệ tọa độ máy ảnh} của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b vào bề mặt có thể nhìn thấy được tạo ra 601c và tính giá trị tọa độ z ($zr11$) của điểm giao nhau của đường thẳng lz và bề mặt có thể nhìn thấy được tạo ra 601c. Phần xây dựng mô hình 3D 204 tính toán điểm ảnh tương ứng C' ($xr11$,

$yr11, zr11$) của tọa độ x, y và z (ba chiều) ($xr11, yr11, zr11$) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b bằng cách gán tọa độ Z tính được ($zr11$) với điểm ảnh đích C ($xr11, yr11$) của tọa độ x và y (hai chiều) ($xr11, yr11$) được chuyển đổi bởi thông tin ma trận hiệu chuẩn trong hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được trích xuất 601b. Phần xây dựng mô hình 3D 204 tính toán các điểm ảnh tương ứng với tất cả các điểm ảnh mục tiêu bao gồm hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b bao gồm tất cả các điểm ảnh tương ứng được tính toán. Bằng cách thực hiện quy trình trên cho tất cả các điểm ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b, mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b (mô hình ba chiều) được xây dựng.

Ngoài ra, tọa độ z ($zr11$) của điểm ảnh tương ứng C' của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b được tính toán dễ dàng bằng cách sử dụng tọa độ trung tâm $c11$ ($xrc11, yrc11$) (chiều dài) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b trong tọa độ hệ tọa độ chung, bán kính $r11$ (chiều dài) của quả bóng đã ghi nhận thứ nhất $B1'$ và công thức sau (18) và áp dụng giá trị dương trong hai giá trị được tính toán.

$$zr11 = \text{SQR} [r11 \sup 2 - \{(xr11 - xrc11) \sup 2 + (yr11 - yrc11) \sup 2\}] \dots (18)$$

Khi phần xây dựng mô hình 3D 204 kết thúc bước xây dựng, phần quay ảo 205 của thiết bị đo thông số bay 1 sẽ quay ảo mô hình 3D được xây dựng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b trong hệ tọa độ chung bằng cách sử dụng thông số quay ban đầu (ví dụ: trục quay $SX0$ và tổng số vòng quay $TS0$ làm giá trị ban đầu) được ước tính trước và thông tin ma trận quay (Fig. 3, S108).

Phương pháp mà phần quay ảo 205 quay không bị giới hạn cụ thể. Đầu tiên, phần quay ảo 205 sử dụng thông tin ma trận quay để mô phỏng chuyển động quay của mô hình 3D trong hệ tọa độ chung. Thông tin ma trận quay R liên kết tọa độ ba chiều V ($xr11, yr11, zr11$) của mô hình 3D trước khi quay và thông số quay ban đầu ($SX0, TS0$) với tọa độ ba chiều V' ($xr11', yr11', zr11'$) của mô hình 3D sau khi quay. Thông tin ma trận quay R được thể hiện chung trong công thức (19) sau.

$$V' (xr11', yr11', zr11') = R (SX0, TS0) * V (xr11, yr11, zr11) \dots (19)$$

Ở đây, thông tin ma trận quay R có thể sử dụng góc ba chiều (góc $O-le$), nhưng thông tin ma trận quay R theo sáng chế thiết lập trục quay và tổng số vòng quay tương ứng với góc ba chiều.

Như được thể hiện trên Fig. 8, phần quay ảo 205 lấy tọa độ ba chiều ($xr11'$, $yr11'$, $zr11'$) của mô hình 3D sau khi quay bằng cách thay thế tọa độ ba chiều ($xr11$, $yr11$, $zr11$) của mô hình 3D trước khi quay và thông số quay ban đầu ($SX0$, $TS0$) cho thông tin ma trận quay R . Bằng cách sử dụng thông tin ma trận quay R , có thể thực hiện xử lý tính toán ngay vòng quay ảo cần thiết và đơn giản hóa việc xử lý.

Khi phần quay ảo 205 kết thúc quay, phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 của thiết bị đo thông số bay 1 sẽ tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt có thể nhìn thấy, được chụp từ máy ảnh 10 trong các mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b sau khi quay, vào hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt có thể nhìn thấy (Fig. 3, S109).

Phương pháp mà phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 tạo ra không bị giới hạn cụ thể. Lúc đầu, như được thể hiện trên Fig. 8, phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 trích xuất bề mặt có thể nhìn thấy 801a mở rộng theo hướng trục z về phía máy ảnh 10 từ tọa độ trung tâm $c11$ ($xrc11$, $yrcl1$) của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b ($B1'$) sau khi quay trong mô hình 3D 801 (tọa độ ba chiều). Bề mặt nhìn thấy được trích xuất 801a nằm trong một phần của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a.

Tiếp theo, phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 chuyển đổi hệ tọa độ chung {tọa độ ba chiều ($xr11'$, $yr11'$, $zr11'$)} của bề mặt có thể nhìn thấy 801a được trích xuất thành hệ tọa độ máy ảnh {tọa độ hai chiều ($xi11'$, $yi11'$)} của bề mặt nhìn thấy được trích xuất 801a bằng cách sử dụng thông tin ma trận hiệu chuẩn. Và, như được thể hiện trên Fig. 8B, phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 tạo ra bề mặt nhìn thấy được chuyển đổi 801a trong các mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b sau khi quay như hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b của hệ tọa độ máy ảnh. Bằng cách này, có thể so sánh hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b đã ghi nhận với hình ảnh quả bóng thứ hai 602a.

Khi phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 kết thúc bước khởi tạo, phần tính toán độ lệch 207 của thiết bị đo thông số bay 1 sẽ tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a (Fig. 3, S110).

Phương pháp mà phần tính toán độ lệch 207 tính toán không bị giới hạn cụ thể. Hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b được tạo bằng cách sử dụng hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b trước khi quay, vì vậy hình ảnh quả bóng đã

được ghi nhận thứ hai 801b không tương ứng với tất cả hình ảnh quả bóng thứ hai 602a. Sau đó, trước tiên, như được thể hiện trên Fig. 8B, phần tính toán độ lệch 207 trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a, tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b, trong hình ảnh quả bóng thứ hai 602a. Ở đây, hệ tọa độ máy ảnh {tọa độ hai chiều (x_{i11} , y_{i11})} của ảnh bóng thứ hai được so sánh 802a tương ứng với hệ tọa độ máy ảnh {tọa độ hai chiều (x_{i2} , y_{i2})} của ảnh bóng thứ hai 801b. Và, hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a là hình ảnh để so sánh với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b. Theo đó, bằng cách tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b dựa trên hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b tương ứng với hình ảnh quả bóng thứ hai 602a, có thể dễ dàng so sánh với hình ảnh quả bóng thứ hai 602a (hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a), và có thể đơn giản hóa việc xử lý.

Và, phần tính toán độ lệch 207 tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a. Fig. 8B thể hiện một ví dụ về hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a. Nếu thông số quay ước tính tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b trùng với giá trị thực, hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b gần bằng với hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a và độ lệch nêu trên được giảm đến giá trị cực tiểu. Mặt khác, nếu thông số quay ước tính tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b khác với giá trị thực, hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b hoàn toàn khác với hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a và độ lệch nêu trên trở nên lớn hơn. Theo sáng chế, bằng cách so sánh hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b với hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a, có thể tính toán thông số quay bằng cách sử dụng thiết kế tự nhiên của bề mặt của quả bóng B mà không cần sử dụng logo cụ thể hoặc dấu hiệu tương tự trên mặt của quả bóng B làm dấu.

Ở đây, phần tính toán độ lệch 207 tính toán giá trị bị trừ thu được bằng cách trừ đi giá trị điểm ảnh của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a từ giá trị điểm ảnh của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b cho các điểm ảnh tương ứng, tính toán giá trị bình phương thu được bằng cách bình phương giá trị trừ được tính cho các điểm ảnh tương ứng và tính tổng giá trị thu được bằng cách tính tổng giá trị bình phương tính toán của các điểm ảnh tương ứng làm độ lệch. Theo cách này, có thể phản ánh sự thay đổi nhỏ giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a và tính toán chính xác thông số quay của quả

bóng B.

Ngoài ra, trong trường hợp trên, phần tính toán độ lệch 207 sẽ trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a và tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a. Để đơn giản hóa việc xử lý, phần tính toán độ lệch 207 có thể so sánh hình ảnh quả bóng thứ hai 602a với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b như hiện tại và tính toán độ lệch. Cụ thể, ngay cả khi phần tính toán độ lệch 207 tính toán độ lệch, độ lệch của khu vực của hình ảnh quả bóng thứ hai 602a không tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b có giá trị gần như không đổi, do đó độ lệch của khu vực của quả bóng thứ hai hình ảnh 602a tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b góp phần rất lớn vào độ lệch tổng thể. Khi thông số quay tạo ra độ lệch của giá trị cực tiểu mà dễ dàng nhận thấy, phần tính toán độ lệch 207 có thể tính được độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a.

Khi phần tính toán độ lệch 207 kết thúc tính toán, phần xác định thông số quay 208 của thiết bị đo thông số bay 1 lặp lại bước quay ảo mô hình 3D, tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và tính toán độ lệch bằng cách thay đổi thông số góc quay ban đầu và xác định thông số quay để giảm thiểu độ lệch so với thông số quay thực của bóng B.

Phương pháp mà phần xác định thông số quay 208 xác định không bị giới hạn cụ thể. Đầu tiên, để tính giá trị cực tiểu của độ lệch (Fig. 3, S111NO), phần xác định thông số quay 208 thiết lập độ lệch được tính trước đây là giá trị độ lệch tiêu chuẩn và thay đổi (ví dụ, tăng hoặc giảm) thông số quay ban đầu (trục quay SX0 và tổng số vòng quay TS0) được sử dụng trước đây với duy nhất một giá trị thay đổi định trước (Fig. 3, S112).

Tiếp theo, phần xác định thông số quay 208 quay ảo mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b bằng cách sử dụng thông số quay ban đầu đã thay đổi và thông tin ma trận quay qua phần quay ảo 205 (Fig. 3, S108).

Và, phần xác định thông số quay 208 tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt có thể nhìn thấy mới, được chụp từ máy ảnh 10 trong mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b sau khi quay, vào hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt có thể nhìn thấy mới thông qua phần tạo hình ảnh đã ghi nhận 206 (Fig. 3, S109).

Hơn nữa, phần xác định thông số quay 208 tính toán độ lệch mới giữa hình ảnh

quả bóng đã được ghi nhận thứ hai được tạo và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a (hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai) thông qua phần tính toán độ lệch 207 (Fig. 3, S110).

Phần xác định thông số quay 208 đặt độ lệch mới là độ lệch so sánh, so sánh độ lệch so sánh với độ lệch tiêu chuẩn và lấy độ lệch nhỏ hơn làm độ lệch tạm thời (Fig. 3, S111).

Ở đây, nếu độ lệch được so sánh là độ lệch tạm thời, có thể xác định rằng thông số quay thứ hai, được làm tăng bởi giá trị thay đổi lớn hơn thông số quay ban đầu, làm cho độ lệch nhỏ. Do đó, để tính giá trị cực tiểu của độ lệch (Fig. 3, S111NO), phần xác định thông số quay 208 tính toán thông số quay thứ ba được làm tăng bởi giá trị thay đổi lớn hơn thông số quay thứ hai (Fig. 3, S112) và tính độ lệch so sánh mới thông qua S108, S109 và S110. Trong trường hợp này, độ lệch tạm thời được tính bởi thông số quay thứ hai trở thành độ lệch tiêu chuẩn và độ lệch so sánh mới của thông số quay thứ ba trở thành độ lệch so sánh.

Mặt khác, nếu độ lệch tiêu chuẩn là độ lệch tạm thời, có thể xác định rằng thông số quay ban đầu chứ không phải thông số quay thứ hai làm cho độ lệch nhỏ. Do đó, để tính giá trị cực tiểu của độ lệch (Fig. 3, S111NO), lần này, phần xác định thông số quay 208 đặt độ lệch tiêu chuẩn được tính bằng thông số quay ban đầu, tính toán thông số quay thứ ba được làm giảm bằng giá trị thay đổi nhỏ hơn giá trị thay đổi thông số quay ban đầu (Fig. 3, S112) trái với thay đổi trước đó và tính toán độ lệch so sánh mới thông qua các bước S108, S109 và S110. Trong trường hợp này, độ lệch tạm thời được tính bởi thông số quay ban đầu trở thành độ lệch tiêu chuẩn và độ lệch so sánh mới của thông số quay thứ ba trở thành độ lệch so sánh.

Theo cách này, phần xác định thông số quay 208 lặp lại các bước S108, S109 và S110, thay đổi lại (tăng hoặc giảm) thông số quay ban đầu đã thay đổi (và thông số quay thay đổi) bằng giá trị thay đổi và thực hiện thuật toán số học hội tụ sao cho độ lệch được tính toán có thể đạt được giá trị cực tiểu bằng cách thay đổi lại thông số quay. Ví dụ, phương pháp tối ưu hóa để thực hiện thuật toán số học hội tụ có thể sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất, phương pháp Gauss Niu-Ton về phương pháp bình phương nhỏ nhất phi tuyến.

Về việc chấm dứt thực hiện thuật toán số học hội tụ, ví dụ, khi xác định được nếu độ lệch tiêu chuẩn nhỏ sau khi được xác định lặp lại nếu độ lệch so sánh là nhỏ, có thể xác định thông số quay thứ Nth (trục quay SXn thứ Nth, tổng số vòng quay TSn thứ

Nth) tính toán độ lệch tiêu chuẩn làm cho độ lệch có giá trị cực tiểu. Mặt khác, khi xác định được nếu độ lệch so sánh là nhỏ sau khi được xác định lặp lại nếu độ lệch tiêu chuẩn là nhỏ, có thể xác định thông số quay thứ Nth (trục quay SXn thứ Nth, Tổng số vòng quay TSn thứ Nth) tính toán so sánh độ lệch làm cho độ lệch có giá trị cực tiểu. Ngoài ra, việc chấm dứt thực hiện thuật toán số học hội tụ có thể được thiết lập một cách thích hợp bằng phương pháp tối ưu hóa.

Ngoài ra, do có sự lặp lại, khi độ lệch được tính có giá trị cực tiểu (Fig. 3, S111YES), phần xác định thông số quay xác định thông số quay (SXn, TSn) để giảm thiểu độ lệch so với thông số vòng quay thực (trục quay SX, tổng số vòng quay TS) của bóng B (Fig. 3, S113).

Khi phần xác định thông số quay 208 kết thúc bước xác định, phần hiển thị thông số bay 209 của thiết bị đo thông số bay 1 sẽ hiển thị thông số chuyển động (tốc độ bóng BS, góc phóng LA và góc bên SA) của bóng B bằng phần tính toán thông số chuyển động 202 và thông số quay (trục quay SX, tổng số vòng quay TS) của bóng B bằng phần xác định thông số quay 208 tại phần hiển thị định trước (Fig. 3, S114).

Phương thức mà phần hiển thị thông số bay 209 hiển thị không bị giới hạn cụ thể. Ví dụ: phần hiển thị thông số bay 209 có thể hiển thị ở phần hiển thị được thiết lập trước đó cho thiết bị đo thông số bay 1 hoặc hiển thị tại thiết bị đầu cuối của người chơi (màn hình tinh thể lỏng) được truyền bằng sóng vô tuyến bởi thiết bị đo thông số bay 1. Bằng cách này, người chơi có thể biết thông số bay của quả bóng B được phóng ra.

Bằng cách này, phép đo thông số bay của bóng B được hoàn thành. Người chơi kiểm tra thông số bay của quả bóng B mà anh ta đã phóng và đặt quả bóng B mới bên cạnh thiết bị đo thông số bay 1. Thiết bị đo thông số bay 1 quay trở lại bước S101.

Ngoài ra, giải pháp theo sáng chế xác định thông số quay để giảm thiểu độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a (hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai 802a), để cải thiện độ chính xác của bước đo thông số quay, việc thiết lập hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a là cực kỳ quan trọng.

Ở đây, hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b, xuất phát từ việc khởi tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a có được bằng cách chụp quả bóng B bay trong không gian khác nhau và thời gian khác nhau, do đó độ phản xạ ánh sáng từ quả bóng B đến máy ảnh 10 không phải là

không đối đối với mỗi hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a.

Ngoài ra, thiết bị theo sáng chế có thể bao gồm phần xử lý hình ảnh 210 khác để lần lượt chuẩn hóa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a bằng cách xử lý Retinex, lần lượt phát hiện (trích xuất) cấu trúc bóng để xác định cấu trúc đặc trưng của toàn bộ bề mặt của quả bóng từ hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được chuẩn hóa 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai đã được chuẩn hóa 602a bằng cách xử lý nhị phân, lần lượt phát hiện (trích xuất) dấu hiệu đặc trưng xác định đặc điểm cục bộ trên quả bóng từ hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được chuẩn hóa 601b bằng cách xử lý nhị phân vá, và lần lượt tái tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất (mới) 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai (mới) 602a thu được bằng cách tương ứng cấu trúc bóng và dấu hiệu đặc trưng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được chuẩn hóa 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai được chuẩn hóa 602a. Phần xây dựng mô hình 3D 204 xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tái tạo và phần tính toán độ lệch 207 trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai trong hình ảnh quả bóng thứ hai được tái tạo.

Ở đây, như được thể hiện trên Fig. 9A, việc tái tạo hình ảnh quả bóng của phần xử lý hình ảnh 210 có ba bước xử lý (1) Chuẩn hóa bằng xử lý Retinex, (2) Phát hiện cấu trúc bóng và (3) Phát hiện dấu hiệu đặc trưng. Điều này được hiểu rằng hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 901b tái tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b bởi phần xử lý hình ảnh 210 chỉ thể hiện hình ảnh đặc trưng. Bằng cách này, có thể cải thiện độ chính xác đo thông số quay.

Xử lý Retinex có nghĩa là xử lý mô hình hóa hình ảnh của người, xem xét các điểm ảnh ngoại vi ở bốn đầu của điểm ảnh mục tiêu và sửa giá trị điểm ảnh của điểm ảnh mục tiêu. Mặc dù hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a biểu thị bóng B ở không gian khác nhau và thời gian khác nhau, độ phản xạ của ánh sáng và độ lóa của bóng B trong không gian khác nhau được cân bằng bởi quá trình xử lý Retinex và có thể tạo ra hình ảnh biểu thị bóng B trong cùng một không gian. Bằng cách này, có thể dễ dàng để tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai 801b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a.

Hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa bởi quá trình xử lý Retinex bao gồm tỷ lệ (tỷ lệ cường độ) giữa giá trị điểm ảnh và giá trị điểm ảnh trung bình của các điểm ảnh ngoại

vi. Tỷ lệ $L(x, y)$ {trong tọa độ (x, y) } của điểm ảnh mục tiêu của hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa có thể được tính toán dễ dàng bằng cách sử dụng giá trị điểm ảnh $I(x, y)$ {trong tọa độ (x, y) } của hình ảnh quả bóng trong hệ tọa độ máy ảnh cụ thể (x, y) , giá trị điểm ảnh $(I * G \partial)(x, y)$ của các điểm ảnh ngoại vi mà bằng giá trị mục tiêu là giá trị để hành bộ lọc để tạo hình ảnh suy biến, và công thức (20) sau.

$$L(x, y) = I(x, y) / (I * G \partial)(x, y) \dots (20)$$

Ở đây, ví dụ, bộ lọc là bộ lọc làm mịn, bộ lọc Gaussian hoặc bộ lọc tương tự.

Toàn bộ bề mặt của quả bóng B có nhiều điểm lỗi lốm khác nhau. Ví dụ, quả bóng gôn có nhiều lúm nhỏ trên toàn bộ bề mặt, quả bóng đá có nhiều hình ngũ giác và hình lục giác trên toàn bộ bề mặt và quả bóng chày và quả bóng tennis có nhiều đường nổi trên toàn bộ bề mặt. Phần xử lý hình ảnh 210 làm mịn điểm ảnh có giá trị điểm ảnh nhỏ bằng cách thực hiện xử lý nhị phân thành hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa và làm đậm điểm ảnh có giá trị điểm ảnh lớn. Cụ thể, phổ màu trong hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa được làm đậm và vùng tối trở thành cấu trúc bóng. Bằng cách này, có thể phân bố đặc tính của toàn bộ bề mặt của quả bóng B và nền.

Ví dụ, ở đây, quá trình xử lý nhị phân gán "1" (màu trắng) cho điểm ảnh mục tiêu khi giá trị điểm ảnh của điểm ảnh mục tiêu bằng hoặc lớn hơn ngưỡng định trước hoặc gán "0" (màu đen) cho điểm ảnh mục tiêu khi giá trị điểm ảnh của điểm ảnh mục tiêu nhỏ hơn ngưỡng. Ví dụ: ngưỡng có thể được đặt giá trị chung cho tất cả các điểm ảnh của hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa hoặc có thể được đặt giá trị khác nhau ở nhiều khu vực tương ứng thu được bằng cách chia hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa thành nhiều khu vực. Quá trình xử lý nhị phân bao gồm xử lý xác định biên dạng theo dõi cạnh của điểm ảnh mục tiêu được gán "0" (màu đen), phát hiện điểm ảnh liền kề là gần nhất với điểm ảnh mục tiêu và tìm phần kết nối của điểm ảnh mục tiêu. Ví dụ: xử lý xác định biên dạng có thể là xử lý Sobel, xử lý Canny hoặc xử lý EDPF (Edge Draw Parameter Free) hoặc xử lý tương tự. Xử lý Sobel là xử lý bộ lọc tính toán độ lệch không gian chính từ hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa và phát hiện cạnh của hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa dựa trên vi sai không gian chính. Xử lý Canny là thuật toán loại bỏ nhiễu của hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa, tìm gradien độ sáng của hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa sau khi loại bỏ nhiễu, loại bỏ điểm ảnh không liên quan cho cạnh có gradien độ sáng và thực hiện quá trình xử lý nhị phân hình ảnh loại bỏ điểm ảnh không liên quan bằng độ trễ bằng cách sử dụng hai ngưỡng. Xử lý EDPF là áp dụng quy trình xử lý ED

và là xử lý để phân bố thông số cần thiết cho xử lý ED. Xử lý ED là thuật toán theo thời gian thực, loại bỏ hình ảnh không có cạnh và tạo bản đồ cạnh từ hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa.

Bề mặt của quả bóng B có vết vỡ, vết xước, logo (nhãn hiệu) của nhà sản xuất ở một vùng (một phần). Phần xử lý hình ảnh 210 thực hiện xử lý nhị phân và cho hình ảnh quả bóng được chuẩn hóa, làm đậm từng phần điểm ảnh của các khu vực liên tiếp và làm mịn điểm ảnh của các khu vực khác. Bằng cách này, có thể phát hiện dấu hiệu đặc trưng của bề mặt của quả bóng B. Ở đây, xử lý nhị phân và là xử lý nhị phân đặt ngưỡng cho các điểm ảnh tương ứng.

Hiệu ứng của việc tái tạo hình ảnh quả bóng bằng phần xử lý hình ảnh 210 sẽ được giải thích dưới đây. Như được thể hiện trên Fig. 9B, khi không xử lý lại hình ảnh quả bóng bằng phần xử lý hình ảnh 210, phổ màu của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất 601b và hình ảnh quả bóng thứ hai 602a có sự thay đổi, sự thay đổi của độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng thứ hai dễ dàng trở nên nhỏ và khó tìm được giá trị cực tiểu. Mặt khác, khi có sự tái tạo hình ảnh quả bóng (hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận lần thứ nhất được tái tạo và hình ảnh quả bóng thứ hai được tái tạo) bằng phần xử lý hình ảnh 210, phổ màu của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận lại lần thứ nhất 901b và hình ảnh quả bóng thứ hai được tái tạo 902a rất rõ ràng, sự thay đổi cho độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng thứ hai dễ trở nên lớn và dễ dàng tìm thấy giá trị cực tiểu. Sau đó, có thể đơn giản hóa việc xử lý bằng cách tái tạo hình ảnh quả bóng của phần xử lý hình ảnh 210, dễ dàng tìm thấy giá trị cực tiểu của độ lệch và có thể cải thiện độ chính xác đo thông số quay.

Ngoài ra, ví dụ, ở bước S106, khi hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tạo ra, phần xử lý hình ảnh 210 sẽ tái tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất và hình ảnh quả bóng thứ hai, mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tái tạo được xây dựng và quy trình xử lý sau đó diễn ra suôn sẻ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các sáng chế sẽ được giải thích dưới đây dựa trên các ví dụ, nhưng các ví dụ này không giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Thứ nhất, tác giả đã sản xuất thiết bị đo thông số bay 1 dựa trên các thí nghiệm như được thể hiện trên Fig.1 đến Fig.3, lắp đặt thiết bị đo thông số bay 1 để thử nghiệm,

và đo thông số bay của quả bóng gôn B mà robot chơi gôn đã phóng bằng thiết bị nêu trên. Như được thể hiện trên Fig. 10A, tác giả đặt quả bóng gôn B lên điểm phát bóng trong khu vực tập luyện đánh gôn, đặt bộ đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10 ở bên phải quả bóng B và đặt bộ đo thông số bay 1 theo sáng chế ở bên trái của quả bóng gôn B. Ở đây, thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10 là sản phẩm hiện có để đo chính xác thông số bay. Và, khi robot chơi gôn phóng quả bóng gôn B bằng gậy đánh gôn E, thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10 và thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế cùng đo thông số bay của quả bóng gôn B. Robot chơi gôn đã được lập trình để tạo ra lỗi do thói quen phát và đánh quả bóng gôn B bằng gậy chơi gôn E trong các điều kiện khác nhau (tốc độ vung, hướng phóng, góc phóng). Tác giả đã kiểm tra độ chính xác trong phép đo của thiết bị đo thông số bay 1 bằng cách hiển thị bằng đồ họa kết quả đo của từng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10 và thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế.

Kết quả là, như được thể hiện trên Fig. 10B, tốc độ của quả bóng gôn B được đo bằng thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế trùng khớp với tốc độ của quả bóng gôn B được đo bằng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10. Như được thể hiện trên Fig. 11A, góc phóng của quả bóng B được đo bằng thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế cũng trùng khớp với góc phóng của quả bóng B được đo bằng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10. Như được thể hiện trên Fig. 11B, góc bên của quả bóng B được đo bằng thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế cũng trùng khớp với góc bên của quả bóng B được đo bằng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10.

Đáng ngạc nhiên, như được thể hiện trên Fig. 12A, trục quay của quả bóng B được đo bằng thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế cũng trùng khớp với trục quay của quả bóng B được đo bằng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10. Và, như được thể hiện trên Fig. 12B, tổng số vòng quay của quả bóng gôn B được đo bằng thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế cũng trùng khớp với tổng số vòng quay của quả bóng gôn B được đo bằng thiết bị đo thông số bay có sẵn trên thị trường 10. Do đó, tác giả cho rằng thiết bị đo thông số bay 1 theo sáng chế có thể đo chính xác các thông số bay của quả bóng bằng phương pháp xử lý hình ảnh đơn giản.

Ngoài ra, thiết bị theo phương án thực hiện sáng chế đối chiếu hình ảnh quả bóng thứ nhất với hình ảnh quả bóng thứ hai, không những vậy mà còn đối chiếu hình ảnh quả bóng thứ hai với hình ảnh quả bóng thứ nhất và có hiệu ứng động tương tự. Mặc dù

trong phương án thực hiện sáng chế, tác giả đã giải thích về thiết bị đo thông số bay 1 tương ứng với quả bóng gôn B, nhưng không nhất thiết phải giới hạn nó. Giải pháp theo sáng chế có thể được áp dụng rộng rãi cho thiết bị hoặc phương pháp đo thông số bay của quả bóng như bóng chày, tennis, bóng đá, bóng bầu dục, khúc côn cầu trên băng, bóng công, trò chơi phóng (bay) bóng B hoặc trò chơi tương tự.

Theo phương án thực hiện sáng chế, thiết bị đo thông số bay 1 được tạo kết cấu để có các bộ phận chức năng, nhưng nó cũng có thể được tạo kết cấu sao cho chương trình vận hành các bộ phận chức năng được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ và được trang bị phương tiện lưu trữ. Trong kết cấu như vậy, chương trình được đọc trên thiết bị để cụ thể hóa các bộ phận chức năng tương ứng. Trong trường hợp này, chương trình đọc từ phương tiện lưu trữ tạo ra hiệu quả cho giải pháp theo sáng chế. Ngoài ra, các bước được thực hiện bởi các bộ phận chức năng tương ứng có thể được lưu trữ trong đĩa cứng.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Như đã mô tả ở trên, thiết bị đo thông số bay và phương pháp đo thông số bay rất hữu ích để làm thiết bị và phương pháp đo thông số bay của quả bóng trong mỗi trò chơi mà bóng có chuyển động bay. Giải pháp này hữu hiệu vì thiết bị đo thông số bay và phương pháp đo thông số bay này có thể đo chính xác các thông số bay của quả bóng bằng phương pháp xử lý hình ảnh đơn giản.

Danh mục số chỉ dẫn

- 1 Thiết bị đo thông số bay
- 201 Phần chụp ảnh
- 202 Phần tính toán thông số chuyển động
- 203 Phần đối chiếu hình ảnh
- 204 Phần xây dựng mô hình 3D
- 205 Phần quay ảo
- 206 Phần tạo hình ảnh đã ghi nhận
- 207 Phần tính toán độ lệch
- 208 Phần xác định thông số quay
- 209 Phần hiển thị thông số bay
- 210 Phần xử lý ảnh

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị đo thông số bay bao gồm:

phần chụp ảnh để chụp liên tục quả bóng đang bay bằng máy ảnh, và thu được hình ảnh quả bóng thứ nhất biểu thị quả bóng trong ảnh chụp thứ nhất được chụp trước và hình ảnh quả bóng thứ hai biểu thị quả bóng trong ảnh chụp thứ hai được chụp sau;

phần đối chiếu hình ảnh tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách làm cho kích thước của hình ảnh quả bóng thứ nhất tương ứng với kích thước của hình ảnh quả bóng thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh;

phần xây dựng mô hình 3D xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất đã được tạo vào hệ tọa độ chung của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tạo;

phần quay ảo quay ảo mô hình 3D được xây dựng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất trong hệ tọa độ chung bằng cách sử dụng thông số quay ban đầu được ước tính trước và thông tin ma trận quay;

phần tạo hình ảnh đã ghi nhận tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt có thể nhìn thấy, được chụp từ máy ảnh trong mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay, vào hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt nhìn thấy được;

phần tính toán độ lệch trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai, tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai, trong hình ảnh quả bóng thứ hai và tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai; và

phần xác định thông số quay lặp lại bước quay ảo mô hình 3D, tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và tính toán độ lệch bằng cách thay đổi thông số quay ban đầu và xác định thông số quay để giảm thiểu độ lệch so với thông số quay thực của quả bóng.

2. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

phần xử lý hình ảnh lần lượt chuẩn hóa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất và hình ảnh quả bóng thứ hai bằng cách xử lý Retinex, lần lượt phát hiện cấu trúc bóng biểu thị cấu trúc đặc trưng của toàn bộ bề mặt bóng từ hình ảnh quả bóng đã được

ghi nhận thứ nhất được chuẩn hóa và hình ảnh quả bóng thứ hai được chuẩn hóa bằng cách xử lý nhị phân, lần lượt phát hiện dấu hiệu đặc trưng biểu thị đặc tính cục bộ trên quả bóng từ hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được chuẩn hóa và hình ảnh quả bóng thứ hai được chuẩn hóa bằng cách xử lý nhị phân và, lần lượt tái tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất và hình ảnh quả bóng thứ hai thu được bằng cách lần lượt tổng hợp cấu trúc bóng và dấu hiệu đặc trưng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được chuẩn hóa và hình ảnh quả bóng thứ hai được chuẩn hóa, trong đó phần xây dựng mô hình 3D xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tái tạo và phần tính toán độ lệch trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai trong hình ảnh quả bóng thứ hai được tái tạo.

3. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó:

phần đổi chiều hình ảnh tương ứng vị trí của hình ảnh quả bóng thứ nhất với vị trí của hình ảnh quả bóng thứ hai bằng cách dịch tọa độ tâm của hình ảnh quả bóng thứ nhất trong hệ tọa độ máy ảnh sang tọa độ trung tâm của hình ảnh quả bóng thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh, tính toán tỷ lệ kích thước thu được bằng cách chia bán kính của hình ảnh quả bóng thứ hai cho bán kính của hình ảnh quả bóng thứ nhất trong hệ tọa độ máy ảnh, nhân tỷ lệ kích thước này với hình ảnh quả bóng thứ nhất và lấy hình ảnh quả bóng thứ nhất đã được nhân làm hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất.

4. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó:

phần xây dựng mô hình 3D chỉ trích xuất hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất bằng cách sử dụng tọa độ trung tâm của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất và bán kính của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất trong hệ tọa độ máy ảnh, chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thành hệ tọa độ chung bằng cách sử dụng thông tin ma trận hiệu chuẩn của máy ảnh, chuyển đổi điểm ảnh của bán kính của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thành chiều dài của bán kính của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất, tạo ra bề mặt có thể nhìn thấy của quả bóng được ghi nhận thứ nhất hình bán cầu về phía máy ảnh bằng cách sử dụng tọa độ trung tâm của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất trong hệ tọa độ chung và độ dài chuyển đổi của bán kính của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất, mở rộng đường thẳng chiều theo hướng trục z về phía máy ảnh

từ điểm ảnh mục tiêu của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất vào bề mặt có thể nhìn thấy được, tính toán tọa độ z của điểm giao nhau của đường thẳng và bề mặt có thể nhìn thấy được, tính toán điểm ảnh tương ứng của tọa độ x , y và z của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất trong hệ tọa độ chung bằng cách gán tọa độ z được tính cho điểm ảnh đích của tọa độ x và y được hiệu chỉnh bằng thông tin ma trận hiệu chuẩn trong hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được trích xuất, tính toán các điểm ảnh tương ứng với tất cả các điểm ảnh mục tiêu bao gồm hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất, và xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất bao gồm tất cả các điểm ảnh tương ứng được tính toán.

5. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó:

phần quay ảo sử dụng thông tin ma trận quay để mô phỏng chuyển động quay của mô hình 3D trong hệ tọa độ chung, thông tin ma trận quay kết hợp tọa độ ba chiều của mô hình 3D trước khi quay và thông số quay ban đầu với tọa độ ba chiều của mô hình 3D sau khi quay, và lấy tọa độ ba chiều của mô hình 3D sau khi quay bằng cách thay thế tọa độ ba chiều của mô hình 3D trước khi quay và thông số quay ban đầu cho thông tin ma trận quay.

6. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó:

phần tạo hình ảnh đã ghi nhận trích xuất bề mặt có thể nhìn thấy mở rộng theo hình bán cầu theo hướng trục z về phía máy ảnh từ tọa độ trung tâm của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay trong mô hình 3D, chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt nhìn thấy được trích xuất thành hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt nhìn thấy được trích xuất bằng cách sử dụng thông tin ma trận hiệu chuẩn của máy ảnh, và lấy bề mặt nhìn thấy được chuyển đổi trong các mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay làm hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai của hệ tọa độ máy ảnh.

7. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó:

phần tính toán độ lệch tính toán giá trị bị trừ thu được bằng cách trừ đi giá trị điểm ảnh của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai cho giá trị điểm ảnh của điểm ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai cho các điểm ảnh tương ứng, tính

toán giá trị bình phương thu được bằng cách bình phương giá trị đã trừ cho các điểm ảnh tương ứng, và tính tổng giá trị thu được bằng cách tính tổng giá trị bình phương tính được của các điểm ảnh tương ứng làm độ lệch.

8. Thiết bị đo thông số bay theo điểm 1, trong đó:

phân xác định thông số quay thay đổi thông số quay ban đầu chỉ bằng giá trị thay đổi định trước, lặp lại bước quay ảo mô hình 3D, tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và tính toán độ lệch, thay đổi lại thông số quay ban đầu đã thay đổi bằng giá trị thay đổi và thực hiện thuật toán số học hội tụ sao cho độ lệch được tính toán có thể có giá trị cực tiểu bằng cách thay đổi lại thông số quay.

9. Phương pháp đo thông số bay bao gồm các bước:

chụp ảnh liên tục quả bóng bằng máy ảnh, và thu được hình ảnh quả bóng thứ nhất biểu thị bóng trong ảnh chụp thứ nhất được chụp trước và hình ảnh quả bóng thứ hai biểu thị bóng trong ảnh chụp thứ hai được chụp sau;

đổi chiều hình ảnh để tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách làm cho kích thước của hình ảnh quả bóng thứ nhất tương ứng với kích thước của hình ảnh quả bóng thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh;

xây dựng mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ máy ảnh của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất đã được tạo sang hệ tọa độ chung của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất được tạo;

quay ảo mô hình 3D được xây dựng của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất trong hệ tọa độ chung bằng cách sử dụng thông số quay ban đầu được ước tính trước và thông tin ma trận quay;

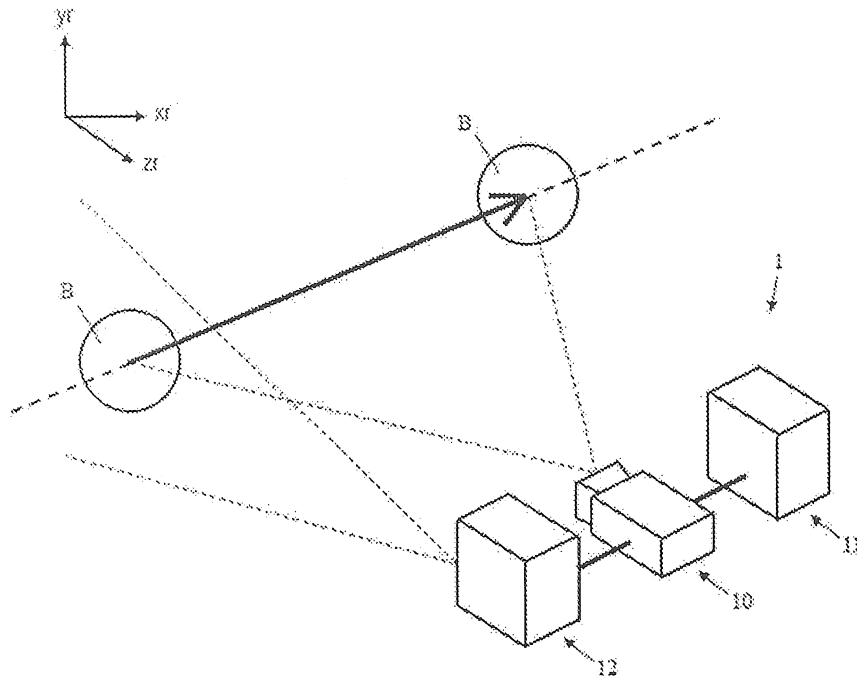
tạo hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai trong hệ tọa độ máy ảnh thu được bằng cách chuyển đổi hệ tọa độ chung của bề mặt có thể nhìn thấy, được chụp từ máy ảnh trong mô hình 3D của hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ nhất sau khi quay, sang hệ tọa độ máy ảnh của bề mặt nhìn thấy được;

tính toán độ lệch để trích xuất hình ảnh quả bóng so sánh thứ hai, tương ứng với hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai, trong hình ảnh quả bóng thứ hai và tính toán độ lệch giữa hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và hình ảnh quả bóng so

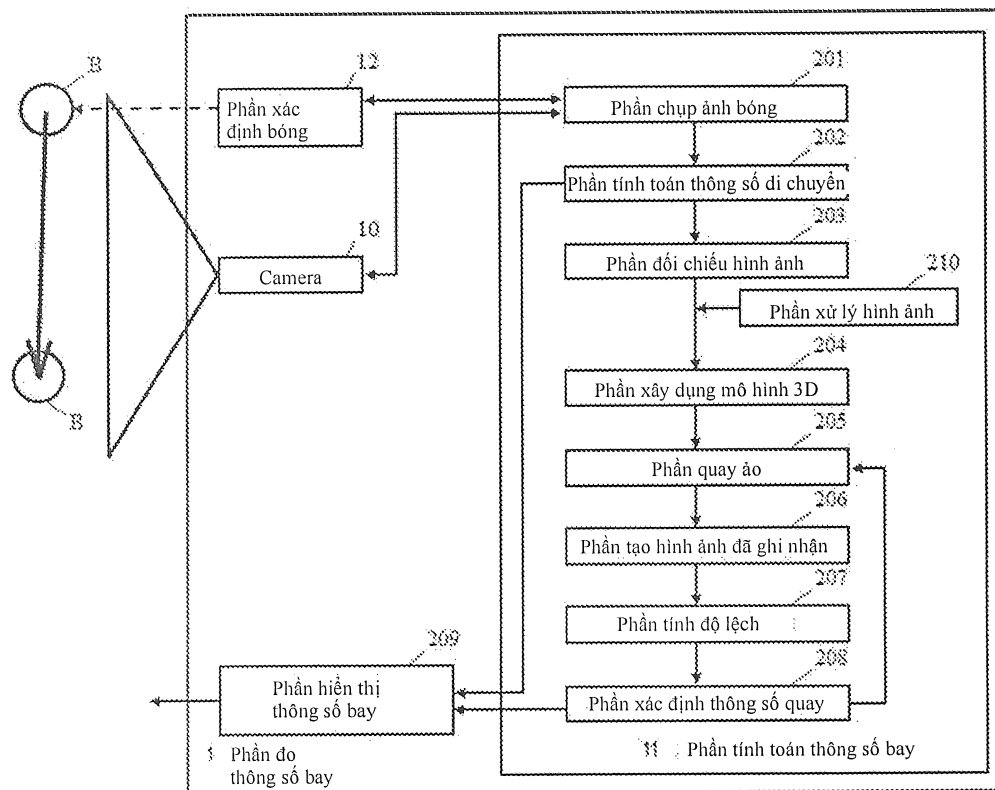
sánh thứ hai; và

xác định thông số quay để lặp lại bước quay ảo mô hình 3D, tạo ra hình ảnh quả bóng đã được ghi nhận thứ hai và tính toán độ lệch bằng cách thay đổi thông số quay ban đầu và xác định thông số quay để giảm thiểu độ lệch so với thông số quay thực của quả bóng.

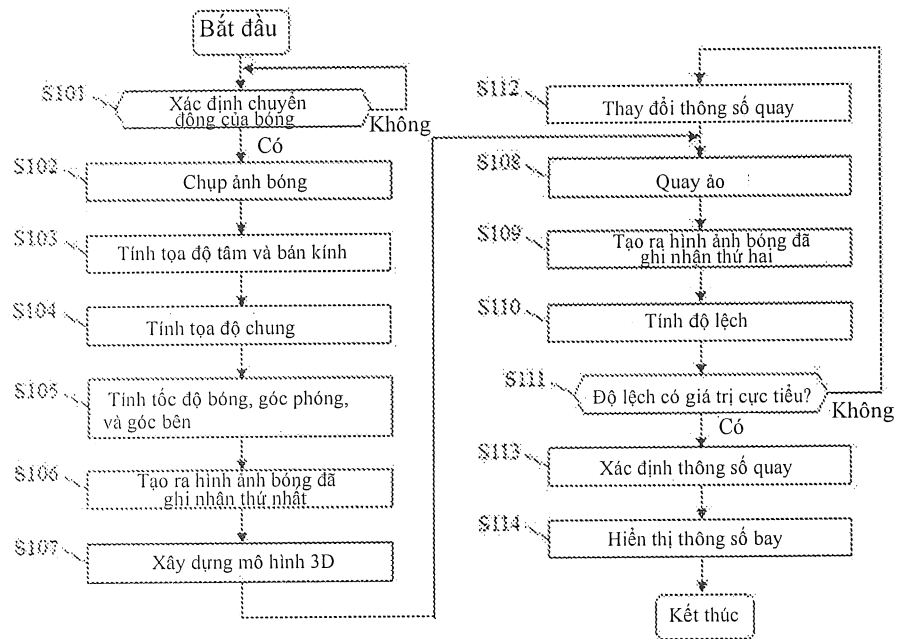
[Fig. 1]



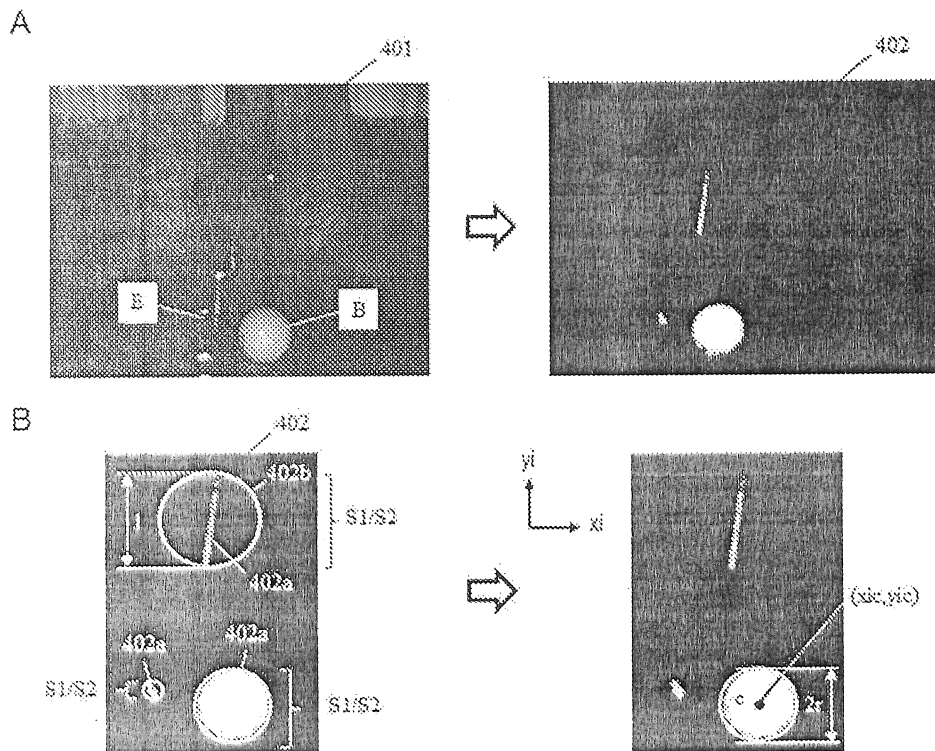
[Fig. 2]



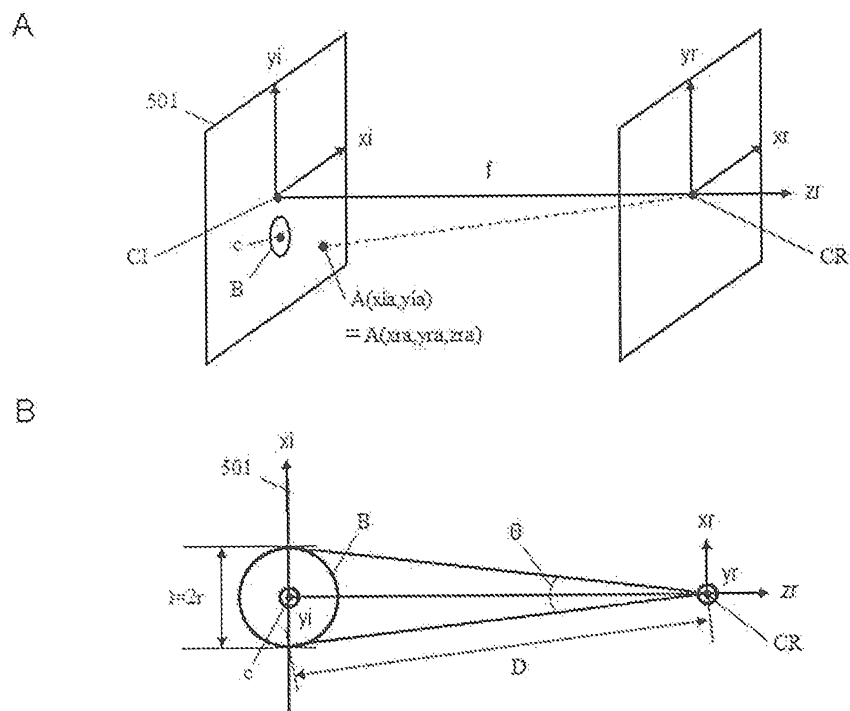
[Fig. 3]



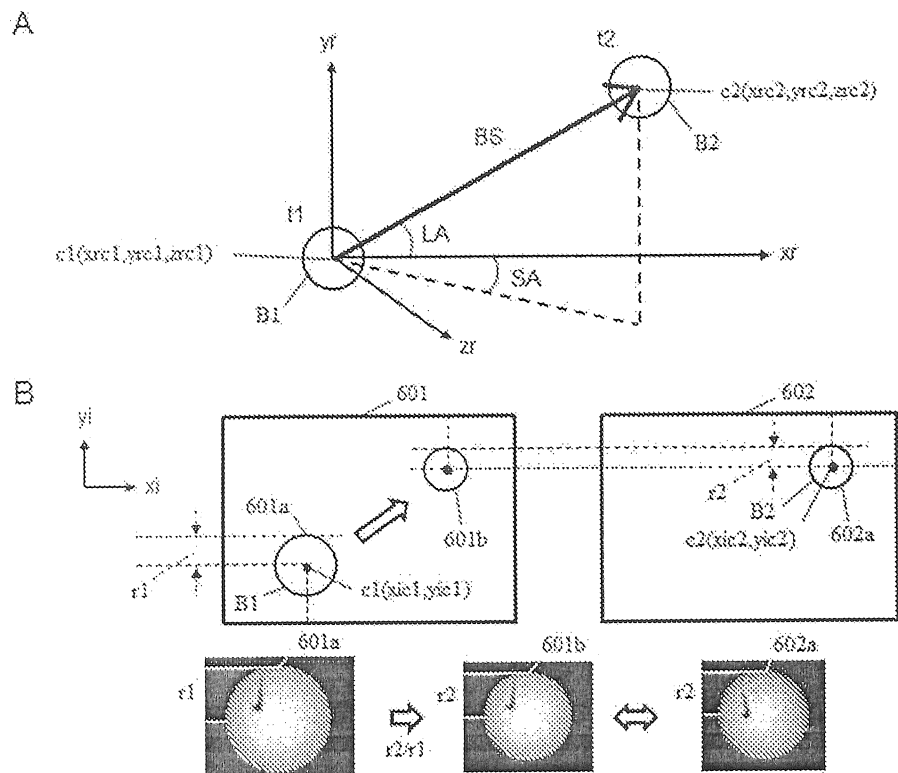
[Fig. 4]



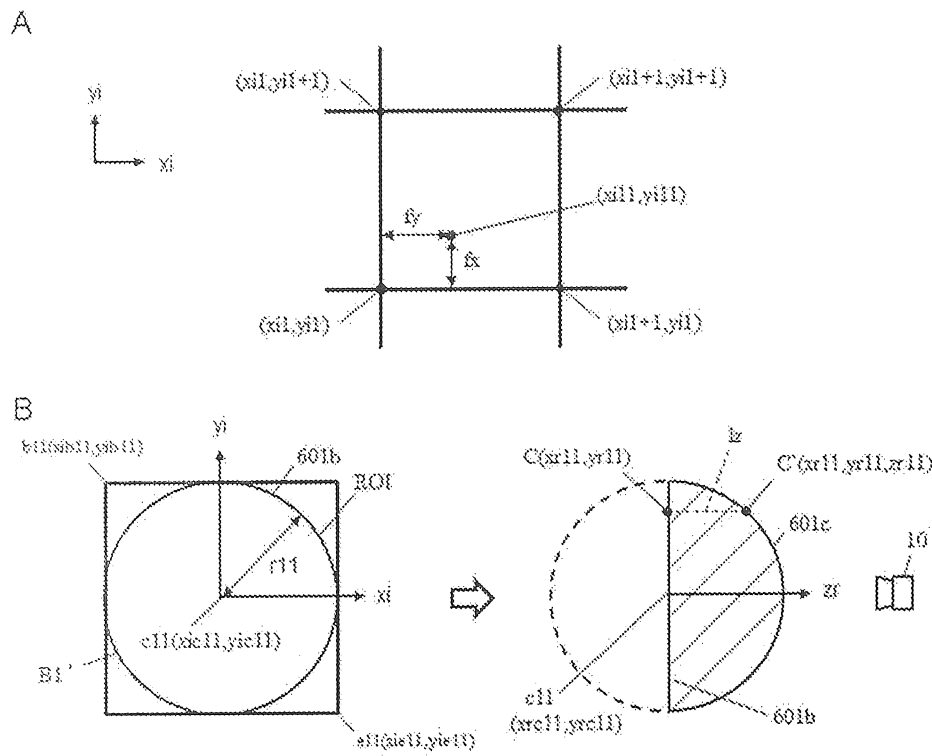
[Fig. 5]



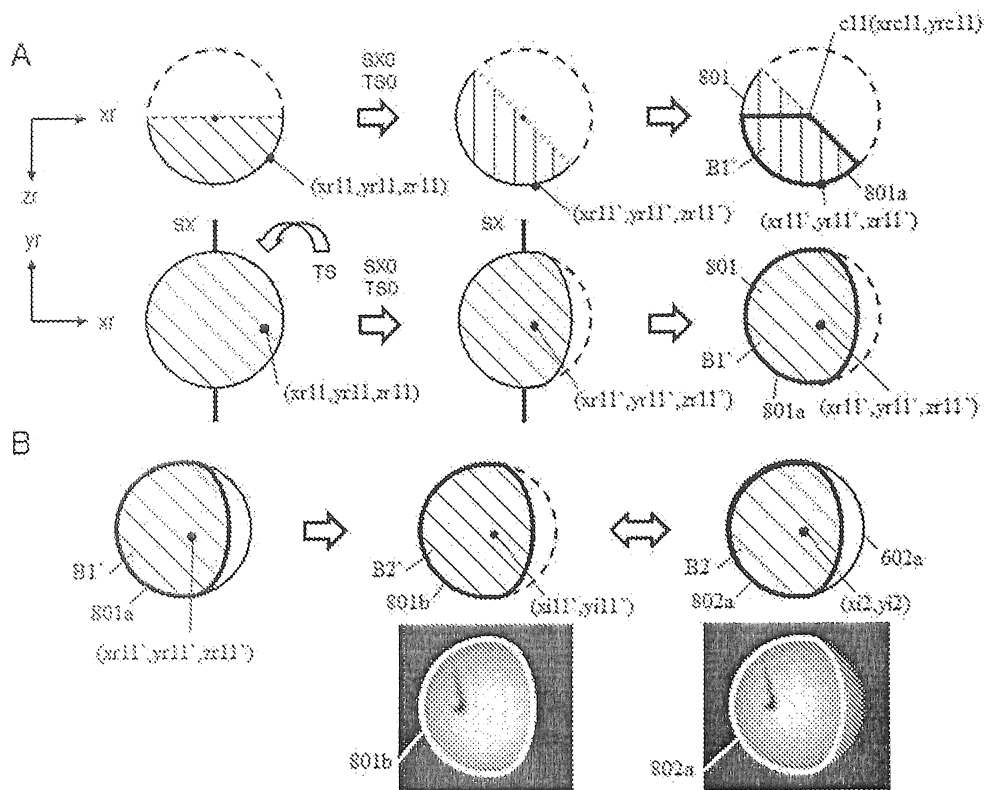
[Fig. 6]



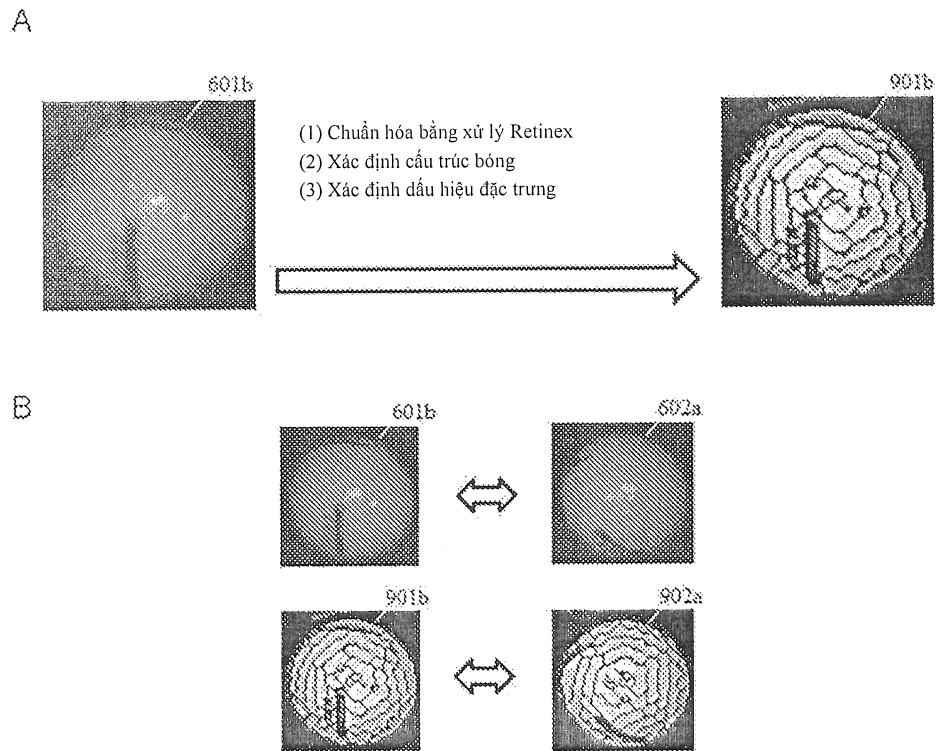
[Fig. 7]



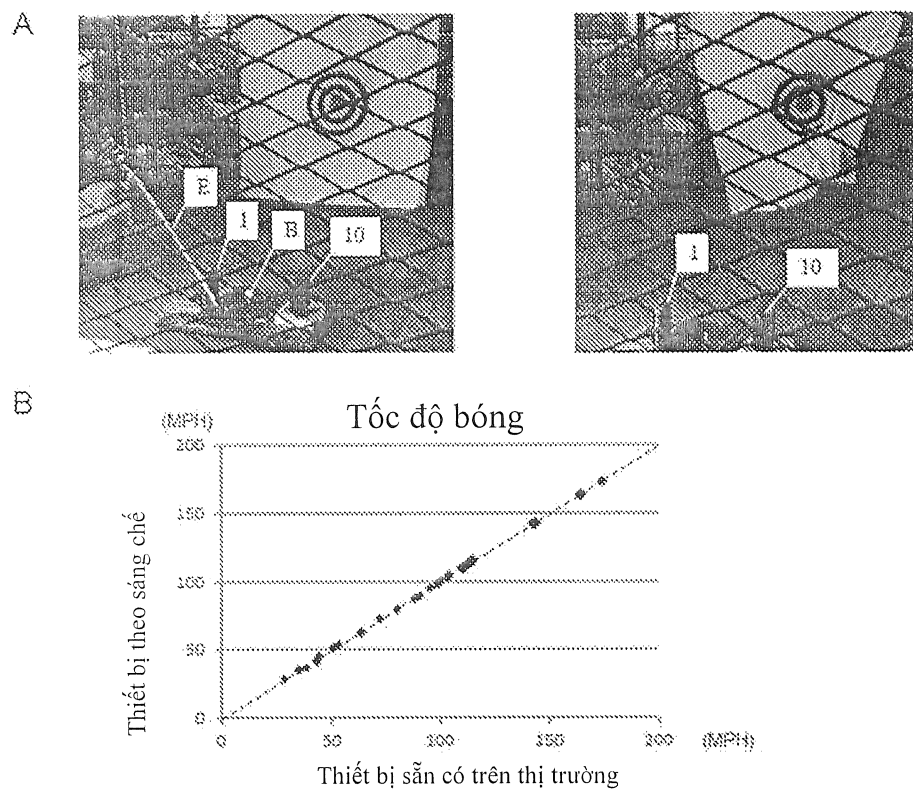
[Fig. 8]



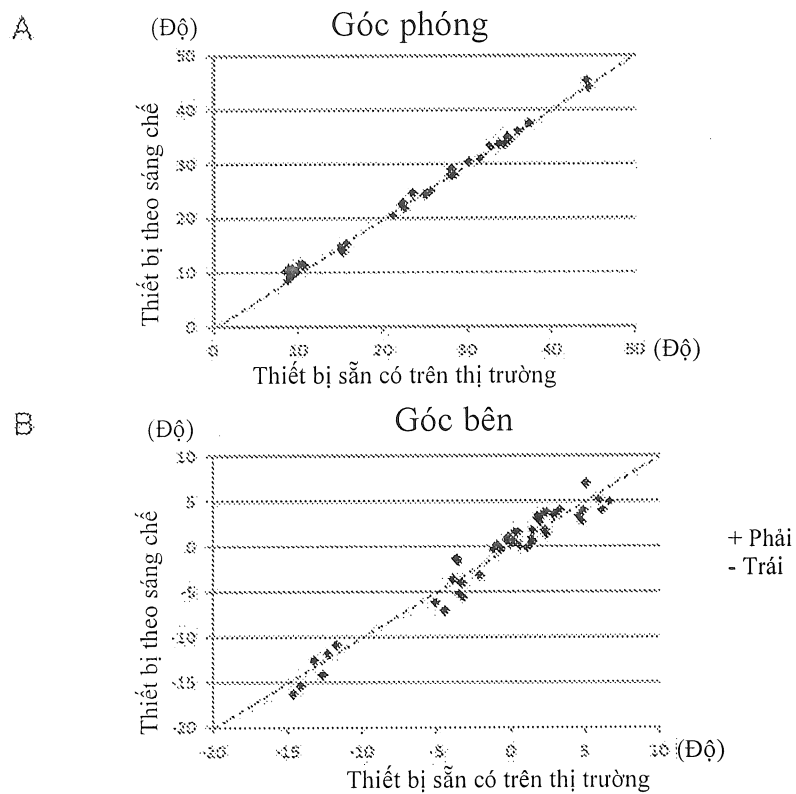
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]

