



(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)



1-0027842

(51)⁷ G06T 5/00; G06T 1/00

(13) B

(21) 1-2016-04222

(22) 02/11/2016

(30) US 62/249,918 02/11/2015 US; US 15/338,445 31/10/2016 US

(45) 25/04/2021 397

(43) 25/05/2017 350A

(73) Cognex Corporation (US)

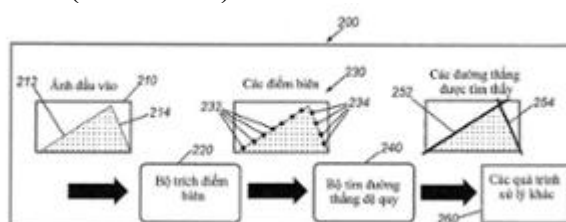
One Vision Drive, Natick, MA 01760, United States of America

(72) Yu Feng HSU (TW); Lowell D. JACOBSON (US); David Y. LI (US).

(74) CÔNG TY LUẬT TNHH IP MAX (IPMAX LAW FIRM)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐỂ TÌM CÁC DẤU HIỆU ĐƯỜNG THẲNG TRONG ẢNH BẰNG HỆ THỐNG QUAN SÁT

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh, trong đó có hai bước được sử dụng để nhận dạng các dấu hiệu đường thẳng. Thứ nhất là, bộ xử lý tính các thành phần x và y của trường gradien ở mỗi vị trí ảnh, chiếu trường gradien lên các vùng con, và phát hiện các gradien extrema (cực trị), làm mềm hóa các điểm biên bằng vị trí và gradien. Tiếp theo, bộ xử lý chọn theo cách lặp hai điểm biên, khớp đường thẳng mô hình với chúng, và nếu các gradien điểm biên thích hợp với mô hình, tính tập hợp đầy đủ của các điểm không nhiều mà có vị trí và gradien thích hợp với mô hình đó. Đường thẳng ứng viên có trị số tính không nhiều lớn nhất được giữ lại và tập hợp các điểm nhiều còn lại được suy ra. Sau đó bộ xử lý thực hiện theo cách lặp lại thao tác khớp đường thẳng trên tập hợp các điểm nhiều này và các tập hợp các điểm nhiều tiếp theo để tìm các đường thẳng kết quả. Quá trình xử lý này có thể hoàn toàn dựa vào thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên (RANSAC).



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống quan sát bằng máy, và cụ thể là đề cập đến các công cụ của hệ thống quan sát để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong các ảnh thu được.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống quan sát bằng máy (dưới đây được gọi ngắn gọn là “các hệ thống quan sát”) được sử dụng để thực hiện nhiều loại nhiệm vụ trong sản xuất, hậu cần và công nghiệp. Các nhiệm vụ như vậy có thể bao gồm việc kiểm tra bề mặt và chi tiết, căn chỉnh các đối tượng trong quá trình lắp ráp, đọc các mẫu và các mã ký hiệu nhận dạng, và hoạt động bất kỳ khác trong đó dữ liệu quan sát được thu và được biên dịch để sử dụng trong các quá trình xử lý tiếp theo. Các hệ thống quan sát thường sử dụng một hoặc nhiều camera để thu các ảnh của cảnh chụp chứa đối tượng hoặc chủ thể quan tâm. Đối tượng/chủ thể có thể ở trạng thái tĩnh hoặc có chuyển động tương đối. Sự chuyển động có thể còn được điều khiển nhờ thông tin được tạo ra bởi hệ thống quan sát, như trong trường hợp thao tác các chi tiết bằng robot.

Nhiệm vụ chung đối với hệ thống quan sát là tìm và đặc trưng hóa các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh. Nhiều loại công cụ được sử dụng để nhận dạng và phân tích các dấu hiệu đường thẳng như vậy. Thông thường, các công cụ này dựa vào mức độ chênh lệch độ tương phản sắc nét mà xuất hiện ở một phần của ảnh. Mức độ chênh lệch độ tương phản này được phân tích bằng cách sử dụng, ví dụ công cụ định cỡ để xác định nếu các điểm riêng biệt trong ảnh có mức độ chênh lệch độ tương phản có thể được kết hợp thành dấu hiệu dạng đường thẳng. Nếu như vậy, khi đó đường thẳng

sẽ được nhận dạng trong ảnh. Lưu ý là, các công cụ mà tìm các điểm biên và các công cụ để khớp đường thẳng với các điểm biên này thì vận hành độc lập với nhau. Điều này làm tăng chi phí xử lý và giảm độ tin cậy. Trong trường hợp ảnh chứa nhiều đường thẳng, các công cụ như vậy có thể có hạn chế ở khả năng nhận dạng chính xác chúng. Ngoài ra, các công cụ tìm đường thẳng đã biết được thiết kế để tìm một đường thẳng duy nhất trong ảnh có thể có vấn đề khi sử dụng khi ảnh chứa nhiều đường thẳng được phân cách gần nhau với cùng định hướng và cực tính.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế khắc phục các vấn đề kỹ thuật còn tồn tại, như nêu trên, bằng việc đề xuất hệ thống và phương pháp để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh mà cho phép các đường thẳng được phân biệt và đặc trưng hóa một cách chính xác và hiệu quả. Trước hết, quá trình xử lý tính các thành phần x và y của trường gradient ở mỗi vị trí của ảnh, chiếu trường gradient lên các vùng con của ảnh, và phát hiện trong mỗi vùng con các gradient extrema (cực trị), mềm hóa các điểm biên với vị trí và gradient kết hợp. Tiếp theo, quá trình xử lý chọn theo cách lặp hai điểm biên, khớp đường thẳng mô hình với các điểm biên này, và nếu các gradient của các điểm biên này thích hợp với đường thẳng mô hình, tính tập hợp đầy đủ của các điểm không nhiều có vị trí và gradient thích hợp với đường thẳng mô hình. Đường thẳng ứng viên có trị số tính không nhiều lớn nhất được giữ lại là đường thẳng kết quả và tập hợp các điểm nhiều còn lại được suy ra. Tiếp theo, quá trình xử lý thực hiện theo cách lặp thao tác khớp đường thẳng trên tập hợp các điểm nhiều này và các tập hợp các điểm nhiều tiếp theo để tìm các kết quả đường thẳng. Quá trình xử lý khớp đường thẳng có thể hoàn toàn hoặc dựa vào thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên (RANSAC).

Theo một phương án minh họa, sáng chế đề xuất hệ thống tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được. Bộ xử lý của hệ thống quan sát nhận dữ liệu ảnh của cảnh chụp chứa các dấu hiệu đường thẳng. Bộ trích điểm biên tạo ra các ảnh gradient

mật độ từ dữ liệu ảnh và tìm các điểm biên dựa vào các ảnh gradient mật độ. Tiếp theo, bộ tìm đường thẳng khớp các điểm biên với một hoặc nhiều đường thẳng dựa vào gradient mật độ theo các điểm biên. Nhằm minh họa, bộ tìm đường thẳng thực hiện quá trình xử lý dựa vào thuật toán RANSAC để khớp các điểm biên không nhiều với các đường thẳng mới bao gồm xác định theo cách lập các đường thẳng từ các điểm biên nhiều đối với các đường thẳng được xác định trước đó. Bộ trích điểm biên thực hiện chiếu trường gradient của các vùng chứa dấu hiệu đường thẳng của các ảnh gradient mật độ. Nhằm minh họa, phép chiếu trường gradient được định hướng dọc theo tập hợp hướng đáp lại sự định hướng mong muốn của một hoặc nhiều hoặc các dấu hiệu đường thẳng và phép chiếu trường gradient có thể xác định độ kết hạt dựa vào nhân Gausơ. Nhằm minh họa, dữ liệu ảnh có thể bao gồm dữ liệu từ các ảnh thu được từ các camera và được chuyển đổi vào trong không gian tọa độ chung. Dữ liệu ảnh cũng có thể được làm trơn đều bằng cách sử dụng nhân làm trơn đều (tạo trọng số), nhân này có thể bao gồm nhân Gausơ 1D hoặc hàm tạo trọng số khác. Các điểm biên có thể được chọn dựa vào ngưỡng được xác định bởi độ tương phản tuyệt đối và độ tương phản mà được chuẩn hóa dựa vào mật độ trung bình của dữ liệu ảnh. Nhằm minh họa, bộ tìm đường thẳng được tạo cấu hình và bố trí để thay đổi các điểm biên biểu thị các phần của các đường thẳng song song hoặc các đường thẳng chéo để hiệu chỉnh các định hướng sai, và/hoặc để nhận dạng các đường thẳng có sự thay đổi cực tính, gồm có các cực tính hỗn hợp theo các dấu hiệu đường thẳng dựa vào các giá trị gradient theo các điểm biên. Ngoài ra, nhằm minh họa, bộ trích điểm biên được tạo cấu hình để tìm các trị số cực đại của độ lớn gradient ở mỗi trong số các vùng con chiếu gradient. Các trị số cực đại của độ lớn gradient này có thể được xác định tương ứng như là một số trong số các điểm biên, và có thể được biểu thị bằng vector vị trí và vector gradient. Ngoài ra, bộ tìm đường thẳng có thể được tạo cấu hình để xác định tính nhất quán giữa ít nhất một điểm biên trong số các điểm biên được trích và ít nhất một đường thẳng ứng viên trong số các đường thẳng được tìm thấy bằng cách tính khoảng cách

theo hệ mét. Khoảng cách theo hệ mét này có thể dựa vào khoảng cách của ít nhất một điểm biên từ đường thẳng ứng viên và độ chênh lệch góc giữa hướng gradien của điểm biên và hướng chuẩn của đường thẳng ứng viên.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ thể hiện cấu hình của hệ thống quan sát làm ví dụ thu các ảnh của đối tượng mà bao gồm nhiều dấu hiệu biên và bộ xử lý của hệ thống quan sát gồm có môđun/công cụ tìm biên theo phương án minh họa;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện dạng sơ lược về hệ thống và phương pháp để trích điểm biên và tìm đường thẳng từ ảnh thu được theo phương án minh họa;

Fig.3 là lưu đồ hoạt động của quá trình xử lý trích điểm biên theo hệ thống và phương pháp được minh họa trên Fig.2;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện phép chiếu trường trên vùng của ảnh chứa các dấu hiệu biên, mà là một phần của quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện việc áp dụng nhân Gausơ cho ảnh để làm trơn đều ảnh, để sử dụng trong quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện phép chiếu trường, gồm có áp dụng nhân Gausơ để làm trơn đều phép chiếu, để dùng trong quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3;

Fig.7 là sơ đồ thể hiện khái quát đồ họa về quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3 gồm có việc áp dụng các nhân Gausơ và tính các ngưỡng độ tương phản tuyệt đối và được chuẩn hóa cho các điểm biên;

Fig.8 là đồ thị thể hiện vùng của các độ tương phản đạt tiêu chuẩn đối với các điểm biên có ngưỡng độ tương phản tuyệt đối và ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa đủ;

Fig.9 là lưu đồ hoạt động của quá trình xử lý tìm đường thẳng dựa vào các điểm biên được tìm thấy trên Fig.3, bằng cách sử dụng quá trình xử lý RANSAC làm ví dụ theo phương án minh họa;

Các hình vẽ Fig.10 và Fig.11 lần lượt là các hình vẽ thể hiện sự điều chỉnh sai và chính xác của các điểm biên so với các dấu hiệu đường thẳng song song được phân cách gần nhau;

Các hình vẽ Fig.12 và Fig.13 lần lượt là các hình vẽ thể hiện sự điều chỉnh chính xác và sai của các điểm biên so với các dấu hiệu đường thẳng chéo, mà có thể được phân giải theo bộ tìm đường thẳng của hệ thống và phương pháp được minh họa;

Các hình vẽ từ Fig.14 đến Fig.17 lần lượt là các hình vẽ thể hiện các ví dụ về các đường thẳng biểu thị cực tính từ sáng sang tối, cực tính từ tối sang sáng, hoặc cực tính từ sáng sang tối hoặc cực tính từ tối sang sáng, hoặc cực tính hỗn hợp, mà có thể được phân giải theo bộ tìm đường thẳng theo hệ thống và phương pháp được minh họa; và

Fig.18 là hình vẽ thể hiện sự sửa đổi điểm số bao phủ đối với đường thẳng được tìm thấy khi xem xét mặt nạ do người dùng xác định.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu hình hệ thống quan sát làm ví dụ 100 mà có thể được sử dụng theo phương án minh họa được thể hiện trên Fig.1. Hệ thống 100 bao gồm ít nhất một camera hệ thống quan sát 110, và có thể bao gồm một hoặc nhiều camera tùy chọn, bổ sung 112 (được thể hiện dưới dạng các hình mờ). (Các) camera 110, 112 minh họa bao gồm

cảm biến ảnh (hoặc bộ tạo ảnh) S và các bộ phận điện tử được kết hợp để thu và truyền các khung ảnh đến quá trình (bộ) xử lý của hệ thống quan sát 130 mà có thể được tạo phiên bản dưới dạng bộ xử lý độc lập và/hoặc thiết bị tính toán 140. Camera 110 (và 112) bao gồm các thấu kính/phần tử quang học 116 thích hợp được điều tiêu cho cảnh chụp mà chứa đối tượng 150 khi kiểm tra. Camera 110 (và 112) có thể bao gồm các đèn chiếu sáng trong và/hoặc ngoài (không được thể hiện) mà vận hành theo quá trình thu ảnh. Thiết bị tính toán 140 có thể là hệ thống dựa trên bộ xử lý chấp nhận được bất kỳ có khả năng lưu trữ và xử lý dữ liệu ảnh theo phương án thực hiện minh họa. Chẳng hạn, thiết bị tính toán 140 có thể bao gồm máy tính (PC) (như được thể hiện trên hình vẽ), máy chủ, máy tính xách tay, máy tính bảng, điện thoại thông minh hoặc dạng thiết bị tương tự khác. Thiết bị tính toán 140 có thể bao gồm các thiết bị ngoại vi thích hợp, như thẻ thu (chụp) ảnh dựa vào bus mà kết nối bên trong với camera. Theo các phương án lựa chọn khác, bộ xử lý quan sát có thể một phần hoặc hoàn toàn được chứa trong chính thân camera và có thể được kết nối mạng với các PC, các máy chủ và/hoặc các bộ xử lý dựa trên camera khác mà chia sẻ và xử lý dữ liệu ảnh. Thiết bị tính toán 140, theo cách tùy chọn, bao gồm màn hình thích hợp 142, mà có thể hỗ trợ giao diện đồ họa người dùng thích hợp (GUI) mà có thể vận hành phù hợp với các công cụ và các bộ xử lý của hệ thống quan sát 132 được bố trí trong quá trình (bộ) xử lý hệ thống quan sát 130. Lưu ý rằng, màn hình có thể được loại bỏ theo các phương án thực hiện khác và/hoặc được bố trí chỉ cho việc cài đặt và các chức năng dịch vụ. Các công cụ hệ thống quan sát có thể là phần trong số bộ phần mềm và/hoặc phần cứng chấp nhận được bất kỳ mà có thể chấp nhận được để sử dụng để kiểm tra các đối tượng, như các sản phẩm sẵn có trên thị trường của Cognex Corporation of Natick, MA. Thiết bị tính toán còn có thể bao gồm các thành phần giao diện người dùng kết hợp (UI), bao gồm, chẳng hạn, bàn phím 144 và chuột 146, cũng như màn hình chạm trong màn hình 142. (Các) camera 110 (và 112) chụp ảnh một phần hoặc toàn bộ đối tượng 150 được đặt trong cảnh chụp. Mỗi camera xác định

một trục quang học OA, mà quanh nó trường quan sát được thiết lập dựa vào các phần tử quang học 116, tiêu cự, v.v.. Đối tượng 150 bao gồm các biên 152, 154 và 156 tương ứng được bố trí theo các hướng khác nhau. Ví dụ, các biên đối tượng có thể bao gồm biên của kính che được lắp trong thân điện thoại thông minh. Nhằm minh họa, (các) camera có thể chụp ảnh toàn bộ đối tượng, hoặc các vị trí cụ thể (ví dụ, các góc trong đó kính giao với thân). Không gian tọa độ (chung) có thể được thiết lập đối với đối tượng, một trong số các camera hoặc điểm tham chiếu khác (chẳng hạn giá động mà đối tượng 150 được đỡ). Như được thể hiện trên hình vẽ, không gian tọa độ được biểu thị bởi các trục 158. Các trục này, nhằm minh họa, xác định các trục x, y và z vuông góc và chiều quay Θ_z quanh trục z trong mặt phẳng x-y.

Theo phương án minh họa, phần xử lý hệ thống quan sát 130 cùng vận hành với một hoặc nhiều ứng dụng/quá trình xử lý (chạy trên thiết bị tính toán 140) mà nói chung bao gồm tập hợp các quá trình xử lý/công cụ của hệ thống quan sát 132. Các công cụ này có thể bao gồm nhiều ứng dụng thông thường và chuyên dụng mà được dùng để phân giải dữ liệu ảnh, chẳng hạn nhiều công cụ hiệu chuẩn và các công cụ chuyển đổi affine có thể được sử dụng để chuyển đổi dữ liệu ảnh thu được sang hệ thống tọa độ (chung chẳng hạn) định trước. Các công cụ mà chuyển đổi dữ liệu mật độ thang đo xám của ảnh thành ảnh nhị phân dựa vào ngưỡng định trước cũng có thể được bao hàm. Tương tự, các công cụ mà phân tích gradient của mật độ (độ tương phản) giữa các điểm ảnh liên kề (và các điểm ảnh con) có thể được bố trí.

Quá trình (bộ) xử lý của hệ thống quan sát 130 bao gồm phần xử lý, công cụ hoặc môđun tìm đường thẳng 134 mà định vị nhiều đường thẳng trong ảnh thu được theo phương án minh họa. Do đó, tham chiếu đến Fig.2, là hình vẽ minh họa bằng biểu đồ tổng quan quá trình tìm đường thẳng 200 theo một phương án minh họa. Quá trình xử lý 200 gồm có hai phần chính. Ảnh đầu vào 210 được cấp đến bộ xử lý. Như được thể hiện, ảnh này bao gồm một cặp biên giao nhau 212 và 214. Cặp biên này có

thể biểu thị vùng góc của đối tượng 150 nêu trên. Bộ trích điểm biên 220 xử lý ảnh đầu vào 210 để thu được tập hợp 230 của các điểm biên ứng viên, gồm có các điểm biên 232 và 234 tương ứng nằm dọc theo các biên 212 và 214. Các điểm biên 232, 234, và dữ liệu kết hợp của chúng (ví dụ thông tin gradien mật độ được mô tả dưới đây), được cấp cho bộ tìm đường thẳng đệ quy 240, mà thực hiện chuỗi các quá trình xử lý lặp trên các điểm biên được chọn. Mục đích của các quá trình xử lý lặp này là cố gắng để khớp các điểm biên được tìm thấy khác với các dấu hiệu đường thẳng ứng viên. Quá trình xử lý tìm đường thẳng 240 trả về kết quả là các đường thẳng được tìm thấy 252 và 254, như được thể hiện trên hình vẽ. Các kết quả này có thể được cấp cho các quá trình xử lý tiếp theo 260 khác mà sử dụng thông tin này, chẳng hạn các quá trình xử lý căn chỉnh, điều khiển rôbot, kiểm tra, đọc ID (ký hiệu nhận dạng), kiểm tra chi tiết/bề mặt, v.v..

Tham chiếu đến Fig.3, thể hiện tiến trình xử lý để trích các điểm biên theo một phương án. Một hoặc nhiều ảnh là ảnh thu được của cảnh chụp, mà chứa đối tượng hoặc bề mặt có các dấu hiệu biên cần tìm thấy (bước 310). (Các) ảnh có thể được trích bởi camera đơn hoặc bởi các camera. Trong mỗi trường hợp, các điểm ảnh có thể (theo cách tùy chọn) được chuyển đổi bởi các tham số hiệu chuẩn thích hợp thành không gian tọa độ chung và/hoặc mới ở bước 320. Bước này có thể còn bao gồm bước làm tròn đều ảnh như được mô tả dưới đây. Theo các phương án nhất định, trong đó các camera chụp ảnh các vùng không liên tục của cảnh chụp, chẳng hạn điều tiêu trên các vùng góc của đối tượng lớn hơn, không gian tọa độ chung có thể được tính cho vùng trống giữa các trường quan sát của camera. Như được mô tả dưới đây, các đường thẳng mà kéo dài giữa các trường quan sát như vậy (ví dụ biên đối tượng mà nối hai vùng góc được tìm thấy) có thể được ngoại suy bởi hệ thống và phương pháp theo một phương án thực hiện sáng chế. Các điểm biên cần để tìm các đường thẳng được trích từ (các) ảnh trong không gian tọa độ thích hợp bởi bộ trích điểm biên bằng cách sử dụng phép chiếu trường gradien ở bước 330. Các giá trị gradien trước hết sẽ được tính

đối với mỗi điểm ảnh, tạo ra hai ảnh đối với các thành phần gradient x và y. (Các) ảnh còn được xử lý bằng cách chiếu trường gradient lên nhiều vùng dạng công cụ định cỡ. Khác với công cụ định cỡ thông thường mà chiếu trị số mật độ, bằng cách chiếu trường gradient theo một phương án, sự định hướng gradient có thể được đảm bảo, mà tạo thuận lợi cho quá trình xử lý tìm đường thẳng tiếp theo, như được mô tả dưới đây.

Ở bước 340, và như được thể hiện trên Fig.4, phần (vùng dạng công cụ định cỡ) 400 của ảnh các dấu hiệu biên ứng viên được qua phép chiếu trường gradient (được biểu thị bởi các phép chiếu 410, 420, 430, được tìm kiếm qua (theo cách thích hợp) hướng mong muốn của các biên theo hướng tìm kiếm (mũi tên SD), với các phép chiếu được lặp ngang qua vùng 400 theo phương chiếu vuông góc (mũi tên PD). Đối với mỗi phép chiếu (ví dụ phép chiếu 420) các biên xuất hiện như các cực trị tại chỗ trong trường gradient 440 được kết hợp với phép chiếu. Nói chung, chuỗi các điểm biên trong phần chiếu mà được kết hợp với biên sẽ biểu thị gradient mật độ (các vector 552, 554) vuông góc với phương kéo dài của biên này. Như được mô tả dưới đây, người dùng có thể xác định hướng chiếu dựa vào sự định hướng đường thẳng mong muốn. Theo cách khác, việc này có thể được tạo ra theo cách thức mặc định hoặc cách thức khác, chẳng hạn phân tích các dấu hiệu trong ảnh.

Hai tham số độ kết hạt được tính đến ở bước bước chiếu gradient nêu trên. Trước khi tính trường gradient, người dùng có thể chọn làm trơn đều ảnh bằng cách sử dụng nhân Gausơ đẳng hướng. Độ kết hạt thứ nhất xác định kích cỡ của nhân làm trơn Gausơ này. Như ký hiệu là 500 trên Fig.5, ứng dụng của nhân Gausơ được định cỡ thích hợp (ví dụ lớn 512, trung bình 514, nhỏ 516) được tạo ra để làm trơn đều ảnh 210. Ở đây, tham số độ kết hạt thứ nhất xác định kích cỡ của nhân làm trơn đều Gausơ đẳng hướng trước khi tính trường.

Sau khi tính trường gradient, phép chiếu có trọng số Gausơ nhờ đó được thực hiện bởi quá trình xử lý, đúng hơn là tạo trọng số đồng nhất ở các công cụ định cỡ

thông thường. Vì vậy, tham số độ kết hạt thứ hai xác định kích cỡ của nhân Gauxơ một chiều (1D) được dùng trong suốt phép chiếu trường như được thể hiện trên Fig.6, trong đó vùng 600 tùy thuộc vào nhân Gauxơ được làm trơn đều 610, 620, 630. Trong suốt quá trình hoạt động điển hình, người dùng kiểm tra (bằng cách sử dụng GUI) tất cả các biên được trích nằm trên ảnh, và sau đó điều chỉnh các ngưỡng độ kết hạt và độ tương phản cho đến khi số lượng các biên được trích dọc theo các đường thẳng được tìm thấy thỏa đáng, trong khi đó tránh được số lượng quá mức của các biên do nhiễu nền trong ảnh. Nói cách khác, bước này cho phép tỷ số nhiễu-tín hiệu được tối ưu đối với tính chất ảnh. Việc điều chỉnh này còn có thể được thực hiện theo cách tự động bởi hệ thống, bằng cách sử dụng giá trị mặc định theo các phương án khác. Lưu ý rằng, việc sử dụng hàm trọng số Gauxơ là một trong số nhiều phương pháp để tạo trọng số phép chiếu, gồm có (ví dụ) tạo trọng số đồng nhất.

Lưu đồ tổng thể của phép chiếu và trích trường gradient được minh họa bằng đồ thị trong biểu đồ 700 trên Fig.7. Hai tham số độ kết hạt, nhân Gauxơ đẳng hướng 710 và nhân Gauxơ 1D 720, mỗi nhân này được thể hiện trên mỗi nửa của lưu đồ tổng thể 700. Như được thể hiện, mỗi ảnh thu được 210 trải qua bước làm trơn đều và bước chia mười 730. Tiếp theo, ảnh thu được 740 trải qua bước tính trường gradient 750, như mô tả trên đây, để tạo ra hai ảnh gradient 752 và 754. Các ảnh gradient này còn được biểu thị như là g_x và g_y , biểu thị hai trục vuông góc trong không gian tọa độ chung. Lưu ý rằng, ngoài hai ảnh gradient, ảnh mật độ 756 cũng thường trải qua bước làm trơn đều, chia mười và xử lý chiếu 760 (bằng cách sử dụng phép chiếu trọng số Gauxơ 770 dựa vào nhân Gauxơ 1D 720) vì thông tin mật độ được xử lý còn được sử dụng để tính các độ tương phản được chuẩn hóa theo một phương án, được mô tả dưới đây. Kết quả là các biên dạng chiếu của các ảnh gradient 772 (g_x), 774 (g_y), và ảnh mật độ 776.

Chuyển sang bước 350 của quá trình xử lý 300 (Fig.3), tiếp theo, các điểm biên đạt tiêu chuẩn được trích bằng cách kết hợp các biên dạng chiếu 1D của cả các ảnh gradient x và y. Việc này được thực hiện bằng cách sử dụng phép tính độ tương phản thô 780 và phép tính độ tương phản được chuẩn hóa 790 dựa vào ảnh mật độ. Cụ thể hơn là, bất kỳ đỉnh tại chỗ nào có cả các độ lớn gradient được chiếu thô và các gradient được chiếu được chuẩn hóa vượt quá các ngưỡng tương ứng đều được xem là điểm biên ứng viên đối với bước tìm đường thẳng tiếp theo theo các công thức minh họa dưới đây:

$$(g_x^2 + g_y^2)^{1/2} > T_{ABS}$$

$$(g_x^2 + g_y^2)^{1/2}/I > T_{NORM}$$

trong đó g_x và g_y lần lượt là giá trị của các phép chiếu gradient-x và gradient-y ở vị trí điểm ảnh, I là mật độ, T_{ABS} là ngưỡng độ tương phản tuyệt đối đối với các độ lớn gradient được chiếu thô và T_{NORM} là ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa đối với các độ lớn gradient được chiếu được chuẩn hóa mật độ.

Lưu ý là, một điểm chỉ được xem là điểm biên ứng viên khi các độ tương phản tuyệt đối và được chuẩn hóa của nó đều vượt quá các ngưỡng tương ứng của chúng. Điều này được thể hiện bằng góc phần tư phía trên bên phải 810 trong đồ thị 800 làm ví dụ về ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa T_{NORM} so với ngưỡng độ tương phản tuyệt đối T_{ABS} . Việc sử dụng các ngưỡng kép (tuyệt đối và được chuẩn hóa) nói chung là khác với các phương pháp đã biết mà thường sử dụng ngưỡng độ tương phản tuyệt đối. Các ưu điểm của các các ngưỡng độ tương phản kép là rõ ràng, thông qua ví dụ, khi ảnh bao gồm cả các vùng mật độ tối và sáng mà cả hai bao gồm các biên quan tâm. Để phát hiện các biên trong các vùng tối của ảnh, cần thiết lập ngưỡng độ tương phản thấp. Tuy nhiên, việc thiết lập độ tương phản thấp như vậy có thể dẫn đến việc phát hiện các biên sai ở các vùng sáng của ảnh. Trái lại, để tránh việc phát hiện các biên sai ở các vùng sáng của ảnh, cần thiết lập ngưỡng độ tương phản cao. Tuy nhiên, với thiết

lập độ tương phản cao, hệ thống có thể không phát hiện được một cách thích hợp các biên trong các vùng tối của ảnh. Bằng cách sử dụng ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa thứ hai, ngoài ngưỡng độ tương phản tuyệt đối thông thường, hệ thống có thể phát hiện một cách thích hợp các biên ở cả vùng tối và vùng sáng, và tránh được việc phát hiện sai các biên ở các vùng sáng của ảnh. Vì thế, bằng cách cho phép phát hiện các biên liên quan trong khi tránh các biên nhiễu, việc sử dụng các ngưỡng độ tương phản kép giúp tối đa hóa tốc độ và tính bền vững của bước tìm đường thẳng tiếp theo của quá trình xử lý tổng thể. Như được thể hiện ở bước 350 (Fig.3), một khi tất cả các điểm biên được trích, chúng được biểu thị và lưu trữ trong cấu trúc dữ liệu mà thuận lợi cho các bộ tìm đường thẳng tiếp theo để vận hành. Chẳng hạn bộ dữ liệu sau:

$$p = (x, y, g_x, g_y, g_m, g_o, I, g_m/I, m, n)$$

trong đó (x, y) là vị trí của điểm biên, (g_x, g_y) là các giá trị của các phép chiếu gradien-x và gradien-y tương ứng, (g_m, g_o) là độ lớn gradien và hướng được tính từ (g_x, g_y) , I là mật độ ở vị trí điểm biên, g_m/I là độ tương phản được chuẩn hóa mật độ thu được bằng cách chia độ lớn gradien g_m cho mật độ I , m là chỉ số ảnh và n là chỉ số vùng chiếu. Vị trí của điểm biên, như là ở công cụ định cỡ tiêu chuẩn, có thể được nội suy cho độ chính xác được cải thiện.

Lưu ý là, quá trình xử lý trích điểm biên nói chung thực hiện để chạy các phép chiếu trường theo một hướng đơn mà về cơ bản phù hợp với góc đường thẳng mong muốn. Do đó công cụ này là, nhạy nhất với các biên ở góc này, và độ nhạy của nó giảm dần với các biên ở các góc khác, trong đó tốc độ giảm tùy thuộc vào các thiết lập độ kết hạt mà gián tiếp xác định độ dài phép chiếu trường. Kết quả là, quá trình xử lý này được giới hạn vào việc tìm các đường thẳng mà có góc là "gần" góc đường thẳng mong muốn, tùy theo phạm vi góc được xác định bởi người dùng. Mặc dù quá trình xử lý này được làm thích ứng để tìm các đường thẳng mà không vuông góc, nhưng cũng

có thể được tạo ra theo các phương án khác nhau để tìm các đường thẳng có góc bất kỳ trên 360 độ bằng cách thực hiện các phép chiếu đa hướng (tìm đường thẳng mọi hướng), gồm cả các hướng trục giao.

Như được thể hiện ở bước 360 của quá trình xử lý 300 (Fig.3), các ứng viên điểm biên có ngưỡng được cấp cho bộ tìm đường thẳng theo phương án minh họa này. Theo cách ví dụ, bộ tìm đường thẳng thực hiện theo cách đệ quy và sử dụng (ví dụ) các kỹ thuật dựa vào thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên (RANDOM Sample Consensus (RANSAC)). Tham chiếu đến quá trình xử lý tìm đường thẳng 900 trên Fig.9. Ở bước 910, người dùng định rõ số lượng lớn nhất của các đường thẳng mong muốn trong ảnh, cùng với góc mong muốn, dung sai góc, dung sai khoảng cách, và (nhằm minh họa) điểm số bao phủ tối thiểu (được mô tả chung dưới đây) thông qua (ví dụ) GUI. Các tham số này được sử dụng bởi bộ tìm đường thẳng để thực hiện các quá trình xử lý sau đây. Các đường thẳng được tìm đối với mỗi vùng con của ảnh bằng cách vận hành theo cách đệ quy bộ tìm đường thẳng RANSAC, các điểm biên nhiều từ một bước nào đó trở thành các điểm đầu vào cho bước tiếp theo. Vì thế, ở bước 920, quá trình xử lý 900 chọn cặp các điểm biên mà là một phần của nhóm gồm các điểm biên được nhận dạng như là cực trị trong quá trình xử lý tìm biên. Quá trình xử lý tìm biên 900 cố gắng để khớp đường thẳng mô hình với các điểm biên được chọn dựa vào việc so khớp các giá trị gradient (trong khoảng dung sai được chọn) thích hợp với đường thẳng mô hình. Ở bước 924, một hoặc nhiều (các) ứng viên đường thẳng từ bước 922 trả về kết quả. Mỗi bước tìm đường thẳng trả về kết quả là đường thẳng ứng viên, các điểm không nhiều và các điểm nhiều. (Các) đường thẳng trả về được qua bước tính các điểm biên không nhiều mà có vị trí và gradient thích hợp với ứng viên đường thẳng (bước 926). Ở bước 928, đường thẳng ứng viên với trị số tính không nhiều lớn nhất được nhận dạng. Quá trình xử lý tìm đường thẳng nêu trên (các bước từ 920 đến 928) kết thúc khi nó đạt đến số lần RANSAC lớn nhất cho phép lặp (bước quyết định 930). Số lần lặp lớn nhất ở mỗi quá trình xử lý tìm đường thẳng được tính

theo cách tự động bằng cách sử dụng, theo cách nội tại, tỷ lệ trường hợp xấu nhất được tính của các điểm nhiễu và mức độ chắc chắn được chỉ định bởi người dùng. Mỗi quá trình xử lý tìm đường thẳng trả về kết quả là đường thẳng với số lượng các điểm biên thu được lớn nhất trong tất cả các lần lặp của nó, tuân theo dung sai phù hợp được người dùng chỉ định, các mối ràng buộc hình học và cực tính. Mỗi điểm biên có thể chỉ được gán cho danh sách điểm không nhiễu của một đường thẳng và mỗi đường thẳng chỉ được cho phép chứa tối đa một điểm biên từ mỗi vùng chiếu. Hướng gradient của điểm biên, cùng với vị trí của nó, được sử dụng để xác định xem có hay không nó có trong danh sách điểm không nhiễu của đường thẳng ứng viên. Cụ thể là, các điểm biên phải có hướng gradient thích hợp với góc của đường thẳng ứng viên.

Nếu bước quyết định 930 xác định rằng việc lặp nữa được cho phép, thì các điểm nhiễu từ ứng viên không nhiễu tốt nhất được trả về (bước 940) cho quá trình xử lý RANSAC (bước 920) để sử dụng trong việc tìm đường thẳng ứng viên.

Trong mỗi quá trình lặp RANSAC, hai điểm biên thuộc các vùng chiếu khác nhau được chọn theo cách ngẫu nhiên và đường thẳng sẽ được khớp với hai điểm này. Đường thẳng ứng viên kết quả thu được cũng chỉ được xem xét tiếp nếu góc của nó thích hợp với các góc gradient của cả hai biên theo cặp điểm và nếu góc của đường thẳng thích hợp với khoảng không chắc chắn được định rõ bởi người dùng. Nói chung, hướng gradient của điểm biên thường vuông góc, nhưng cũng có thể khác do dung sai góc người dùng chỉ định. Nếu đường thẳng ứng viên đáp ứng các thử nghiệm khởi đầu thì số lượng các điểm biên không nhiễu sẽ được đánh giá, trái lại quá trình xử lý lặp RANSAC mới được khởi tạo. Điểm biên sẽ được xem như điểm không nhiễu của đường thẳng ứng viên chỉ khi hướng gradient và vị trí của nó thích hợp với đường thẳng có cơ sở góc gradient và các dung sai khoảng cách được định rõ bởi người dùng.

Khi quá trình xử lý lặp RANSAC đạt tới tối đa (bước quyết định 930), thì các điểm không nhiễu của ứng viên đường thẳng tìm thấy tốt nhất trải qua bước khớp

đường thẳng cải thiện, bằng cách sử dụng (chẳng hạn) phương pháp bình phương tối thiểu hồi quy hoặc phương pháp thích hợp chấp nhận được khác, và tập hợp các điểm biên không nhiều sẽ được đánh giá lại, lặp lại các bước này với số lần tối đa N (ví dụ ba hoặc nhiều hơn) cho đến khi số lượng các điểm không nhiều tiếp tục giảm hoặc tăng (bước 960). Đây là đường thẳng mà được chỉ báo như là đường thẳng tìm thấy ở bước 970.

Bước quyết định 980 xác định xem còn hay không đường thẳng cần được tìm (dựa vào (ví dụ) tìm kiếm các vùng con khác hoặc các tiêu chí khác), và nếu còn, quá trình xử lý chuyển về bước 920 để thao tác trên tập hợp mới của các điểm biên (bước 982). Khi không còn các điểm như vậy hoặc đạt đến số đếm lặp tối đa, quá trình xử lý 900 chuyển sang tập hợp (có nghĩa là nhiều) đường thẳng tìm được trong ảnh ở bước 990.

Bộ tìm đa đường thẳng được làm thích ứng để thực hiện điều chỉnh tinh các kết quả hiện có trong các trường hợp trong đó hai đường thẳng kết quả giao với đường khác trong vùng kiểm tra. Như được thể hiện chung trên các hình vẽ Fig.10 và Fig.11, đối với các đường thẳng song song phân cách gần 1010 và 1020, đôi khi thu được kết quả là các đường thẳng sai (xem Fig.10) do bản chất thống kê của quá trình xử lý RANSAC. Tuy nhiên, khi xuất hiện lỗi, việc thay đổi các nhóm điểm không nhiều (mũi tên 1120 ở các nhóm 1110 trên Fig.11) đôi khi có thể định vị các đường thẳng chính xác với các điểm số bao phủ tăng và lượng dư của việc khớp giảm. Các thay đổi điểm có thể có hiệu quả nhất khi ảnh chứa các đường thẳng song song phân cách gần, như được thể hiện. Ngược lại, khi ảnh chứa các đường thẳng 1210 và 1220 mà thực sự giao chéo nhau như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.12 và Fig.13, thì các điểm số bao phủ giảm sau khi thay đổi điểm (mũi tên 1230 trong nhóm 1240 trên Fig.12), vì thế các kết quả ban đầu thu được trước khi thay đổi được giữ lại bởi quá trình xử lý này để phát hiện theo cách chắc chắn các đường giao chéo.

Lưu ý rằng, quá trình xử lý RANSAC là một trong số nhiều kỹ thuật theo đó bộ tìm đường thẳng có thể khớp các điểm với đường thẳng. Theo các phương án khác, các điểm ứng viên có thể được chọn theo tập hợp thay thế giữa chúng hoặc ảnh có thể được xử lý bằng cách sử dụng (ví dụ) các kỹ thuật tìm kiếm tổng thể. Vì vậy, như được sử dụng trong bản mô tả này, việc mô tả theo kỹ thuật RANSAC phải được hiểu theo nghĩa rộng để bao gồm các kỹ thuật khớp tương tự.

Các chức năng bổ sung của hệ thống và phương pháp này có thể được đề xuất. Các chức năng này bao gồm hỗ trợ cực tính hỗn hợp, tính tự động chiều rộng vùng chiếu, hỗ trợ tìm đường thẳng đa góc nhìn, và cho phép ảnh đầu vào không có các sọc để loại trừ sự méo quang học. Các chức năng này còn được mô tả dưới đây.

Theo các ví dụ trên các hình vẽ từ Fig.14 đến Fig.16, hệ thống và phương pháp tìm đường thẳng theo phương án minh họa nói chung hỗ trợ tiêu chuẩn LightToDark, DarkToLight và các thiết lập cực tính khác "Either" (tương ứng) đối với độ tương phản giữa các biên được tìm thấy. Ngoài ra, hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể còn hỗ trợ thiết lập cực tính hỗn hợp (Fig.17) trong đó cả hai đặc tính Light-To-Dark (Sáng sang tối) và Dark-to-Light (Tối sang sáng) xuất hiện trong cùng một đường thẳng. Các kết quả tìm đường thẳng của tất cả bốn thiết lập được minh họa trên hình vẽ tiếp theo. Theo phương án minh họa, hệ thống và phương pháp có thể bao gồm thiết lập cực tính hỗn hợp mà cho phép tìm một đường thẳng duy nhất mà chứa các điểm biên của các điểm cực đối ngược. Điều này khác với thiết lập thông thường của cực tính "Either" trong đó tất cả các điểm biên của một đường thẳng duy nhất có cực tính là tùy chọn một trong hai cực tính, nhưng chỉ là một cực tính. Việc thiết lập cực tính hỗn hợp có thể có lợi khi được sử dụng để phân tích các bản kiểm chọn sáng và tối (ví dụ) của bản hiệu chuẩn, trong số các ứng dụng khác.

Người dùng có thể chọn tính bất dịch chuyển được cải thiện của việc tìm đường thẳng. Trong trường hợp như vậy, bộ trích điểm biên sử dụng về cơ bản các vùng

chiều chồng lấn để cải thiện tính ổn định kết quả. Khi các vùng là không chồng lấn, các điểm ảnh khi xét đến có thể có khả năng dịch chuyển ra ngoài các vùng chiếu khi ảnh được dịch chuyển, dẫn đến tính bất dịch chuyển kém trong các kết quả tìm đường thẳng. Các vùng chiếu chồng lấn đảm bảo rằng các điểm ảnh được xét đến được phủ liên tục bởi các vùng chiếu. Nếu các vùng chiếu chồng lấn được sử dụng thì việc tính toán gia tăng có thể được thực hiện để duy trì tốc độ, cùng với sự tối ưu mức thấp có thể có.

Người dùng có thể tạo ra các mặt nạ mà loại bỏ các phần nhất định của ảnh thu được và/hoặc bề mặt được chụp ảnh ra khỏi quá trình phân tích đối với các dấu hiệu đường thẳng. Điều này có thể được mong muốn khi bề mặt bao gồm các dấu hiệu đường thẳng đã biết mà không cần quan tâm (ví dụ các mã vạch được phân tích bằng các cơ chế khác, dòng văn bản, và các cấu trúc bất kỳ khác mà không thích hợp với nhiệm vụ để tìm thấy các đường thẳng. Vì vậy, bộ trích điểm biên có thể hỗ trợ việc tạo mặt nạ ảnh trong đó các vùng “don’t care” (không cần quan tâm) trong ảnh có thể được dấu, và các vùng “care” (các vùng cần quan tâm) được giữ lại. Trong trường hợp có tạo mặt nạ như vậy, các điểm số bao phủ của các đường thẳng tìm thấy, theo cách minh họa, được tạo lại trọng số theo số lượng các các điểm biên nằm trong vùng mặt nạ.

Như được thể hiện cho vùng ảnh 1800 làm ví dụ trên Fig.18, vùng này thể hiện các điểm số bao phủ khi các mặt nạ có mặt và ảnh hưởng của việc tạo mặt nạ ảnh đến các điểm số bao phủ như vậy. Bộ trích điểm biên hỗ trợ việc tạo mặt nạ ảnh trong đó “các vùng không cần quan tâm” trong ảnh có thể được che khuất. Như được thể hiện, đường thẳng tìm thấy 1810 được đặc trưng (dựa vào các vùng mặt nạ “quan tâm” 1820) bởi các điểm biên quan tâm. Các điểm biên quan tâm như vậy gồm có các điểm không nhiều điểm biên quan tâm 1830 đến đường thẳng 1810 và các điểm nhiều điểm biên quan tâm 1840 đến đường thẳng 1810. Các điểm biên không quan tâm 1850 trên

đường thẳng 1810 nằm giữa các vùng quan tâm 1820 của mặt nạ, như được thể hiện ở ví dụ này, và không được bao gồm trong quá trình tính điểm số bao phủ, ngay cả khi chúng nằm trên đường thẳng như là các điểm không nhiều. Các vị trí có khả năng 1860 đối với các điểm biên dọc theo đường thẳng 1810 cũng được xác định, như được thể hiện. Các vị trí có khả năng này được định vị giữa các điểm đã biết với khoảng cách dự báo được dựa vào khoảng cách của các điểm tìm thấy. Nhằm minh họa, các điểm số bao phủ của các đường thẳng tìm thấy được tạo lại trọng số theo số lượng các điểm biên nằm trong mặt nạ. Vì vậy, điểm số bao phủ được sửa đổi như sau:

điểm số bao phủ = số điểm không nhiều điểm biên quan tâm đến đường thẳng / (số các điểm không nhiều điểm biên quan tâm đến đường thẳng + các điểm nhiều điểm biên quan tâm đến đường thẳng + số các vị trí có khả năng quan tâm của các điểm biên).

Sau khi thực hiện quá trình xử lý tìm đường thẳng theo hệ thống và phương pháp này, các đường thẳng tìm thấy có thể được sắp xếp theo nhiều cách khác nhau dựa vào tiêu chí sắp xếp được chỉ định bởi người dùng (thông qua (ví dụ) GUI). Người dùng có thể chọn trong số các cách sắp xếp sẵn có như điểm số bao phủ không nhiều, mật độ hoặc độ tương phản. Người dùng còn có thể chọn trong số các cách sắp xếp chưa sẵn có như khoảng cách được đánh dấu hoặc góc tương đối. Khi sử dụng các cách sắp xếp chưa sẵn có, người dùng có thể chỉ định phân đoạn đường thẳng tham chiếu theo đó các cách sắp xếp chưa sẵn có cho các đường thẳng tìm thấy sẽ được tính.

Nói chung, như mô tả trên đây, hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể gồm sự quá tải Multi-Field-of-View (MFOV) (đa trường quan sát), trong đó vectơ của các ảnh từ các trường quan sát khác nhau có thể được chuyển vào quá trình xử lý này. Các ảnh phải là các ảnh thuộc không gian tọa độ khách chung dựa vào hiệu chuẩn. Như lưu ý trên đây, chức năng này có thể cực kỳ hữu ích trong các kịch bản ứng dụng

trong đó nhiều camera được sử dụng để chụp ảnh các vùng riêng phần của một chi tiết đơn. Bởi vì các điểm biên giữ thông tin gradient, các dấu hiệu đường thẳng mà được chiếu giữa các khe trong trường quan sát có thể vẫn được phân giải (khi các gradient ở cả hai FOV so khớp đối với sự định hướng và căn chỉnh đường thẳng đã cho trong mỗi FOV).

Lưu ý là, hệ thống và phương pháp này không đòi hỏi (cho phép ảnh không có) loại bỏ vân sọc (nghĩa là không đòi hỏi ảnh phải được loại bỏ vân sọc) để loại bỏ sự méo phi tuyến, giả định sự méo là không nghiêm trọng. Trong trường hợp ảnh chưa được loại bỏ vân sọc, hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể vẫn phát hiện các điểm biên ứng viên, và ánh xạ các vị trí điểm và các vector gradient thông qua chuyển đổi phi tuyến.

Rõ ràng rằng, bộ tìm đường thẳng được đề xuất theo hệ thống và phương pháp theo phương án này và các phương án sửa đổi/thay thế khác là công cụ hiệu quả và chắc chắn để xác định nhiều dấu hiệu đường thẳng trong nhiều điều kiện. Nói chung, khi được sử dụng để tìm các dấu hiệu đường thẳng, hệ thống và phương pháp này không bị giới hạn cụ thể ở số lượng các đường thẳng tối đa cần tìm trong ảnh. Chỉ bộ nhớ và thời gian tính toán sẽ đặt các giới hạn về số lượng các đường thẳng mà có thể được tìm thấy.

Trên đây sáng chế đã được mô tả chi tiết theo các phương án nhằm minh họa. Các phương án sửa đổi và bổ sung có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các dấu hiệu kỹ thuật ở mỗi phương án khác nhau được mô tả trên đây có thể được kết hợp với các dấu hiệu kỹ thuật của các phương án khác được mô tả theo cách thích hợp để tạo ra vô số các kết hợp dấu hiệu kỹ thuật theo phương án kết hợp mới. Ngoài ra, mặc dù trên đây mô tả một số phương án riêng biệt thực hiện thiết bị và phương pháp theo sáng chế, nhưng những gì đã được mô tả trong bản mô tả này chỉ nhằm minh họa việc áp dụng các nguyên lý của sáng chế. Ví dụ, như được sử dụng

trong bản mô tả này, các thuật ngữ "quá trình xử lý" và/hoặc "bộ xử lý" phải được hiểu theo nghĩa rộng là bao gồm nhiều chức năng và các thành phần dựa trên phần cứng và/hoặc phần mềm điện tử (và có thể theo gọi theo cách khác là "các môđun" hoặc "các phần tử"). Ngoài ra, quá trình xử lý hoặc bộ xử lý được mô tả có thể được kết hợp với các quá trình xử lý và/hoặc bộ xử lý khác hoặc được chia thành các quá trình xử lý con hoặc các bộ xử lý con. Các quá trình xử lý con và/hoặc các bộ xử lý con như vậy có thể được kết hợp theo các cách khác nhau theo các phương án theo sáng chế. Tương tự, cần hiểu rằng bất kỳ chức năng, quá trình xử lý và/hoặc bộ xử lý nào theo sáng chế đều có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần cứng, phần mềm điện tử gồm vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính có các lệnh chương trình, hoặc kết hợp của phần cứng và phần mềm. Ngoài ra, như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ mang tính định hướng và sắp xếp như "thẳng đứng", "nằm ngang", "hướng lên", "hướng xuống", "phía dưới", "phía trên", "phía bên", "phía trước", "phía sau", "bên trái", "bên phải" và dạng tương tự được sử dụng chỉ như là các quy ước tương đối và không như là sự định hướng/sắp xếp mang tính tuyệt đối đối với không gian tọa độ cố định, như hướng tác động của trọng trường. Ngoài ra, khi thuật ngữ "về cơ bản" hoặc "gần như" được sử dụng đối với phép đo, giá trị hoặc tính chất nhất định, thì nó chỉ mang tính định lượng trong khoảng vận hành thông thường để đạt được các kết quả mong muốn, mà không bao hàm nghĩa bất định do độ chính xác và sai số là vốn có trong các dung sai cho phép của hệ thống (ví dụ từ 1 đến 5 phần trăm). Do đó, chúng cần được hiểu theo nghĩa là ví dụ và không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh, hệ thống này bao gồm:
bộ xử lý của hệ thống quan sát để nhận dữ liệu ảnh của cảnh chụp chứa các dấu hiệu đường thẳng, bộ xử lý này có bộ trích điểm biên để:
 - (a) tính trường vector gradient từ dữ liệu ảnh,
 - (b) chiếu trường vector gradient lên các vùng con chiếu gradient, và
 - (c) tìm các điểm biên tương ứng của các vùng con chiếu gradient dựa vào dữ liệu gradient được chiếu; và
 bộ tìm đường thẳng tạo ra các đường thẳng thích hợp với các điểm biên được trích từ ảnh.
2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ tìm đường thẳng thực hiện quá trình xử lý dựa vào thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên (RANSAC) để khớp các điểm biên không nhiều với các đường thẳng mới gồm có việc xác định theo cách lặp các đường thẳng từ các điểm biên nhiều đối với các đường thẳng được xác định trước đó.
3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó phép chiếu trường gradient được định hướng dọc theo tập hợp hướng đáp lại sự định hướng mong muốn của một hoặc nhiều hoặc các dấu hiệu đường thẳng.
4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó phép chiếu trường gradient xác định độ kết hạt dựa vào nhân Gauss.

5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ trích điểm biên được tạo cấu hình để tìm các trị số cực đại của độ lớn gradient ở mỗi trong số các vùng con chiếu gradient, trong đó trị số cực đại của độ lớn gradient được xác định tương ứng như là một số trong số các điểm biên, được biểu thị bằng vector vị trí và vector gradient.
6. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ tìm đường thẳng được tạo cấu hình để xác định tính nhất quán giữa ít nhất một điểm biên của các điểm được trích trong số các điểm biên và ít nhất một đường thẳng ứng viên trong số các đường thẳng được tìm thấy bằng cách tính khoảng cách theo hệ mét dựa vào khoảng cách của ít nhất một điểm biên từ ít nhất một đường thẳng ứng viên và độ chênh lệch góc giữa hướng gradient của ít nhất một điểm biên và hướng chuẩn của ít nhất một đường thẳng ứng viên.
7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó dữ liệu ảnh bao gồm dữ liệu từ các ảnh thu được từ các camera, các ảnh này được chuyển đổi vào trong không gian tọa độ chung.
8. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm nhân làm trơn đều mà làm trơn đều dữ liệu ảnh.
9. Hệ thống theo điểm 8, trong đó nhân làm trơn đều bao gồm nhân Gauss.
10. Hệ thống theo điểm 1, trong đó các điểm biên được chọn dựa vào ngưỡng được xác định bởi độ tương phản tuyệt đối và độ tương phản được chuẩn hóa dựa vào mật độ trung bình của dữ liệu ảnh.

11. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ tìm đường thẳng được tạo cấu hình để thay đổi ít nhất một số điểm biên từ các điểm biên được trích mà biểu thị các phần của các đường thẳng song song hoặc các đường thẳng chéo từ các đường thẳng được tìm thấy để hiệu chỉnh các định hướng sai.

12. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ tìm đường thẳng được tạo cấu hình để nhận dạng các đường thẳng từ các đường thẳng được tìm thấy có sự thay đổi cực tính.

13. Hệ thống theo điểm 12, trong đó các đường thẳng được nhận dạng là các đường thẳng được xác định bởi các cực tính hỗn hợp theo các dấu hiệu đường thẳng của các đường thẳng được tìm thấy dựa vào các giá trị gradient ở các điểm biên được trích.

14. Phương pháp để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận dữ liệu ảnh của cảnh chụp bằng bộ xử lý của hệ thống quan sát, dữ liệu này chứa các dấu hiệu đường thẳng;

tính trường vector gradient từ dữ liệu ảnh;

chiếu trường vector gradient lên các vùng con chiếu gradient;

tìm các điểm biên tương ứng của các vùng con chiếu gradient dựa vào dữ liệu gradient được chiếu; và

tạo ra các đường thẳng thích hợp với các điểm biên được trích từ ảnh.

15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thực hiện quá trình xử lý dựa vào thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên

(RANSAC) để khớp các điểm biên không nhiễu với các đường thẳng mới, gồm có xác định theo cách lập các đường thẳng từ các điểm biên nhiễu đối với các đường thẳng được xác định trước đó.

16. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phép chiếu trường gradient được định hướng dọc theo tập hợp hướng đáp lại sự định hướng mong muốn của một hoặc nhiều hoặc các dấu hiệu đường thẳng.

17. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phép chiếu trường gradient xác định độ kết hạt dựa vào nhân Gauss 1D.

18. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tìm các trị số cực đại của độ lớn gradient ở mỗi trong số các vùng con chiếu gradient, trong đó trị số cực đại của độ lớn gradient được xác định tương ứng như là một số trong số các điểm biên, được biểu thị bằng vector vị trí và vector gradient.

19. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định tính nhất quán giữa ít nhất một điểm biên trong số các điểm biên được trích và ít nhất một đường thẳng ứng viên trong số các đường thẳng được tìm thấy bằng cách tính khoảng cách theo hệ mét mà dựa vào khoảng cách của ít nhất một điểm biên từ ít nhất một đường thẳng ứng viên và độ chênh lệch góc giữa hướng gradient của ít nhất một điểm biên và hướng chuẩn của ít nhất một đường thẳng ứng viên.

20. Phương pháp theo điểm 14, trong đó dữ liệu ảnh bao gồm dữ liệu từ các ảnh thu được từ các camera và được chuyển đổi vào trong không gian tọa độ chung.

21. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước làm trơn dữ liệu ảnh bằng cách sử dụng nhân làm trơn đều.
22. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chọn các điểm biên dựa vào ngưỡng được xác định bởi độ tương phản tuyệt đối và độ tương phản được chuẩn hóa dựa vào mật độ trung bình của dữ liệu ảnh.
23. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm ít nhất một trong số các bước: (a) thay đổi các điểm biên biểu thị các phần của các đường thẳng song song hoặc các đường thẳng chéo để hiệu chỉnh các định hướng sai và (b) nhận dạng các đường thẳng có sự thay đổi cực tính trong các dấu hiệu đường thẳng, gồm có các cực tính hỗn hợp ở các đường thẳng dựa vào các giá trị gradient ở các điểm biên.

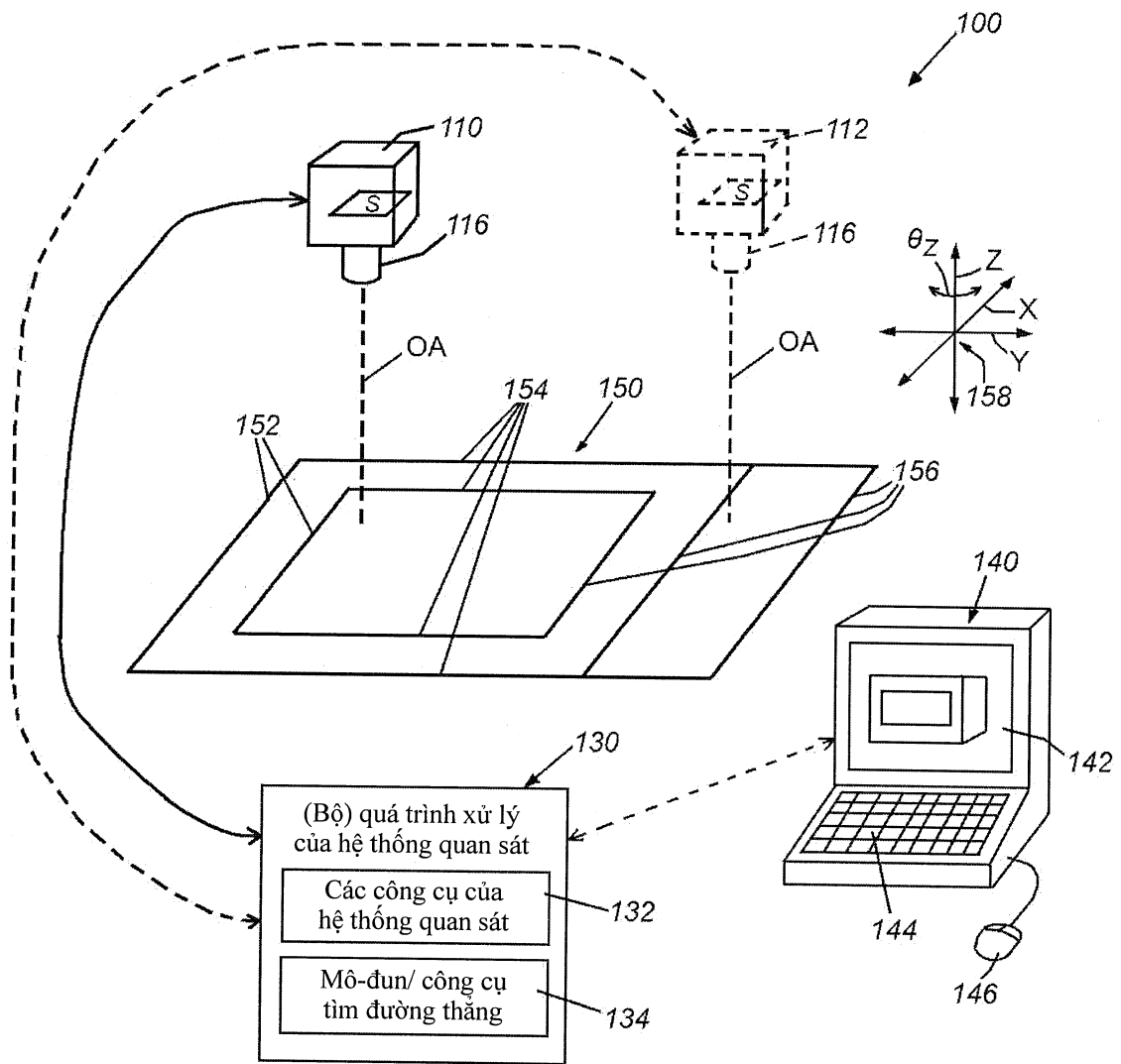


Fig. 1

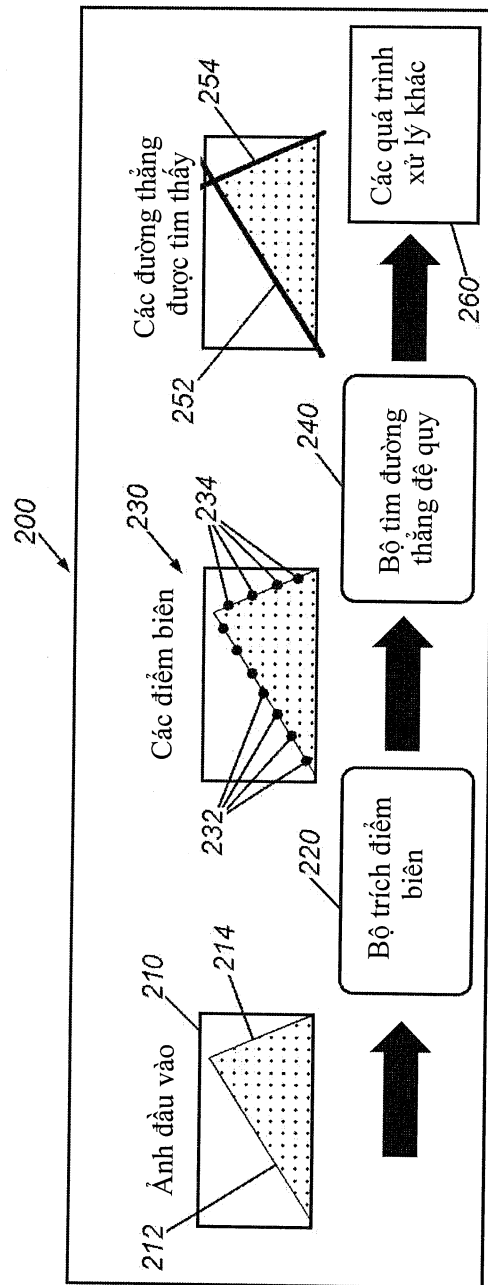


Fig. 2

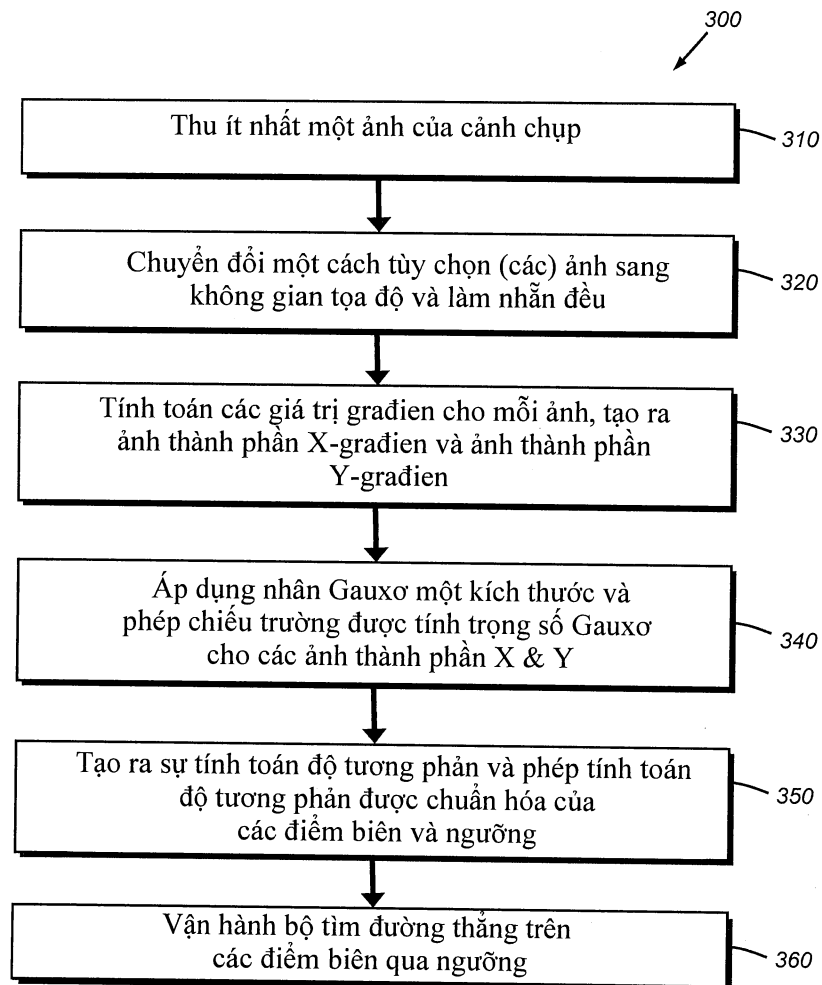


Fig. 3

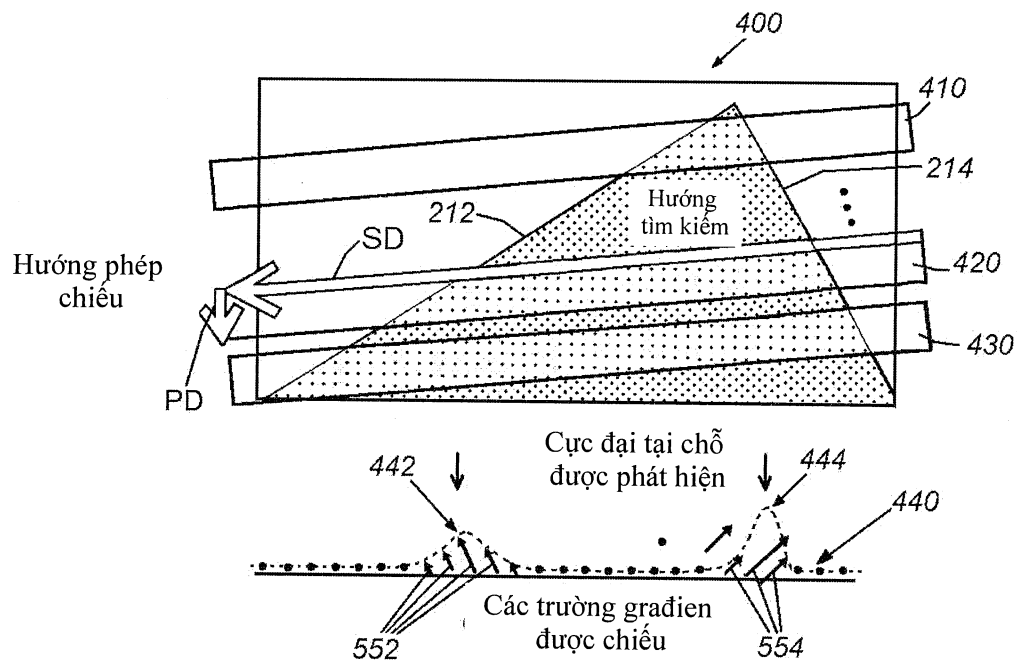


Fig. 4

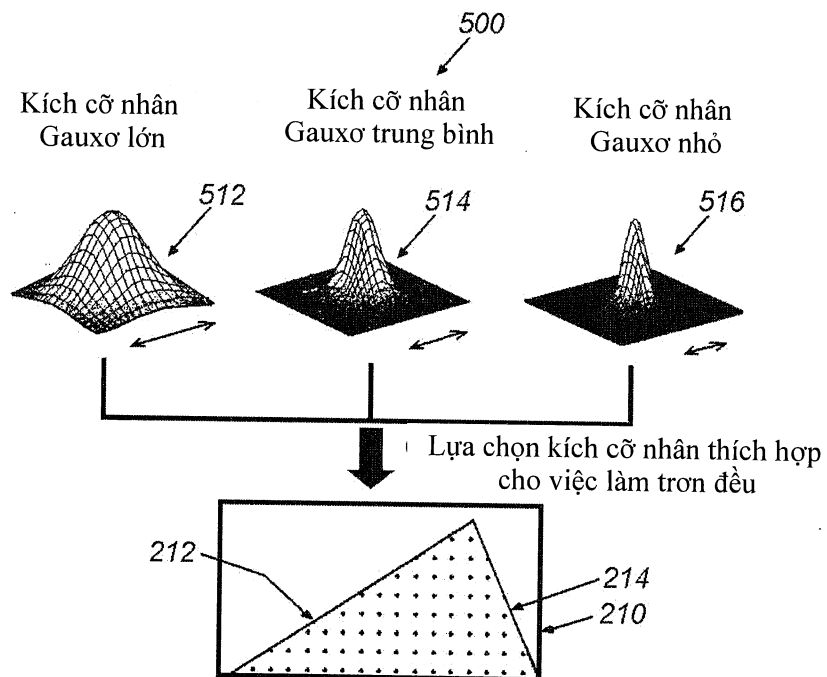


Fig. 5

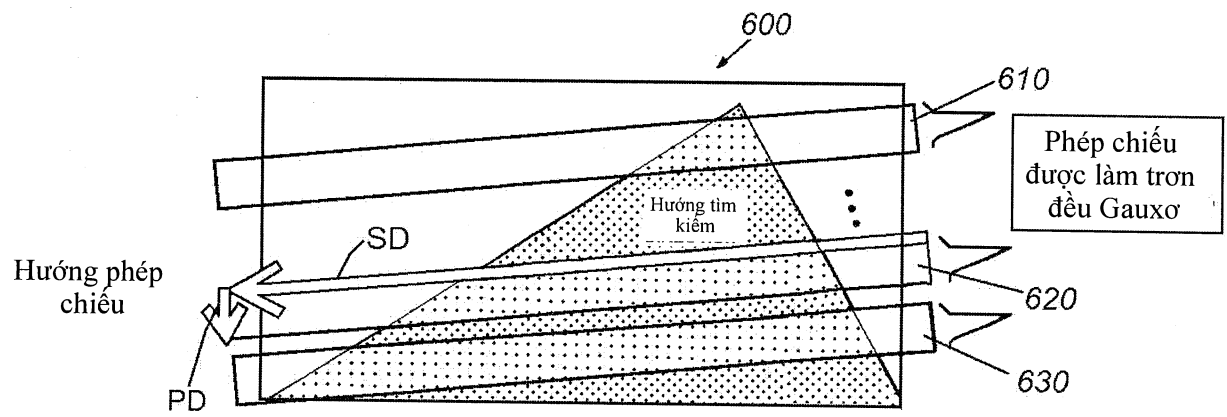


Fig. 6

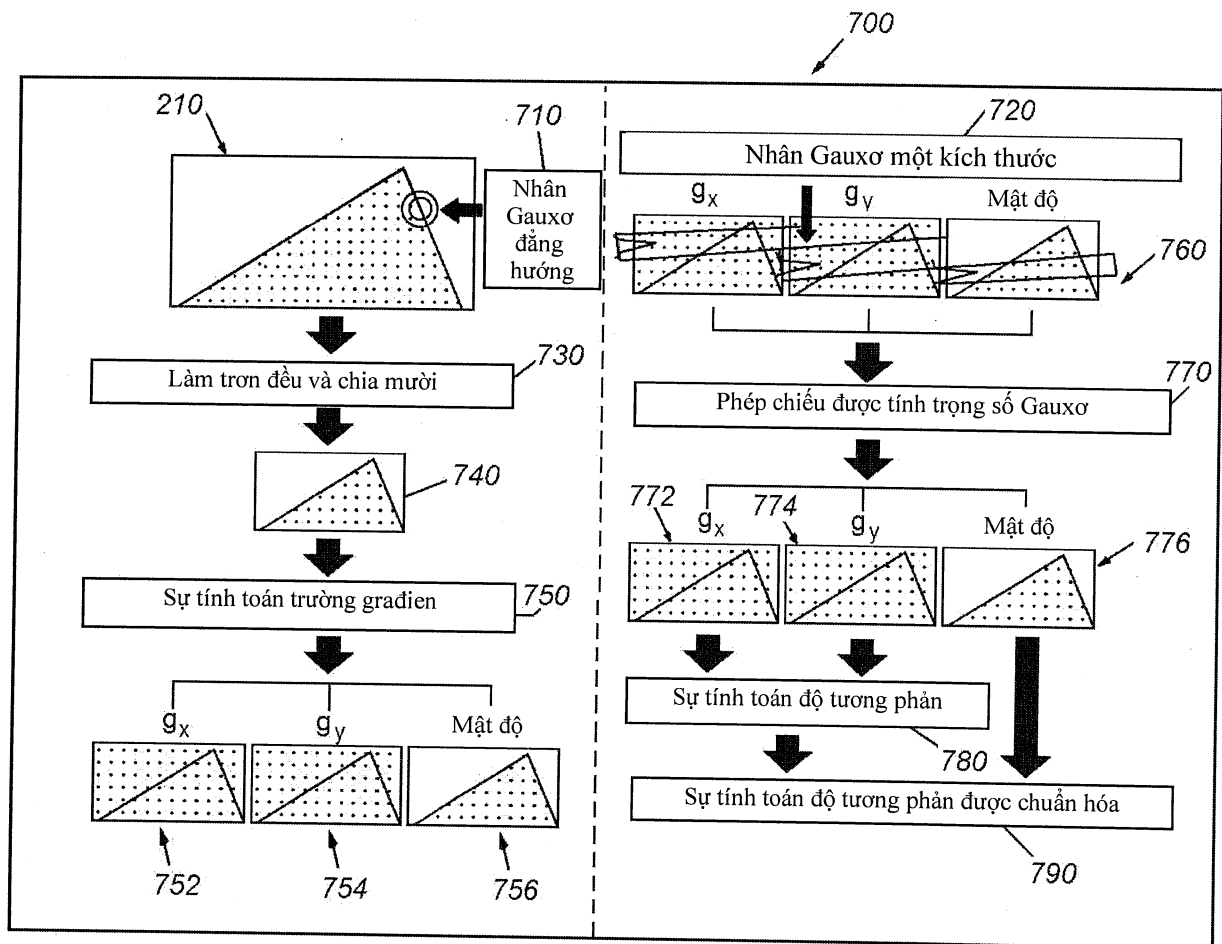


Fig. 7

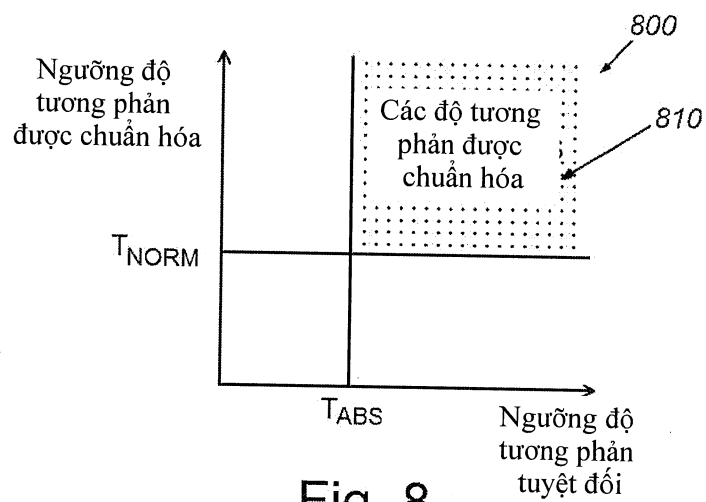


Fig. 8

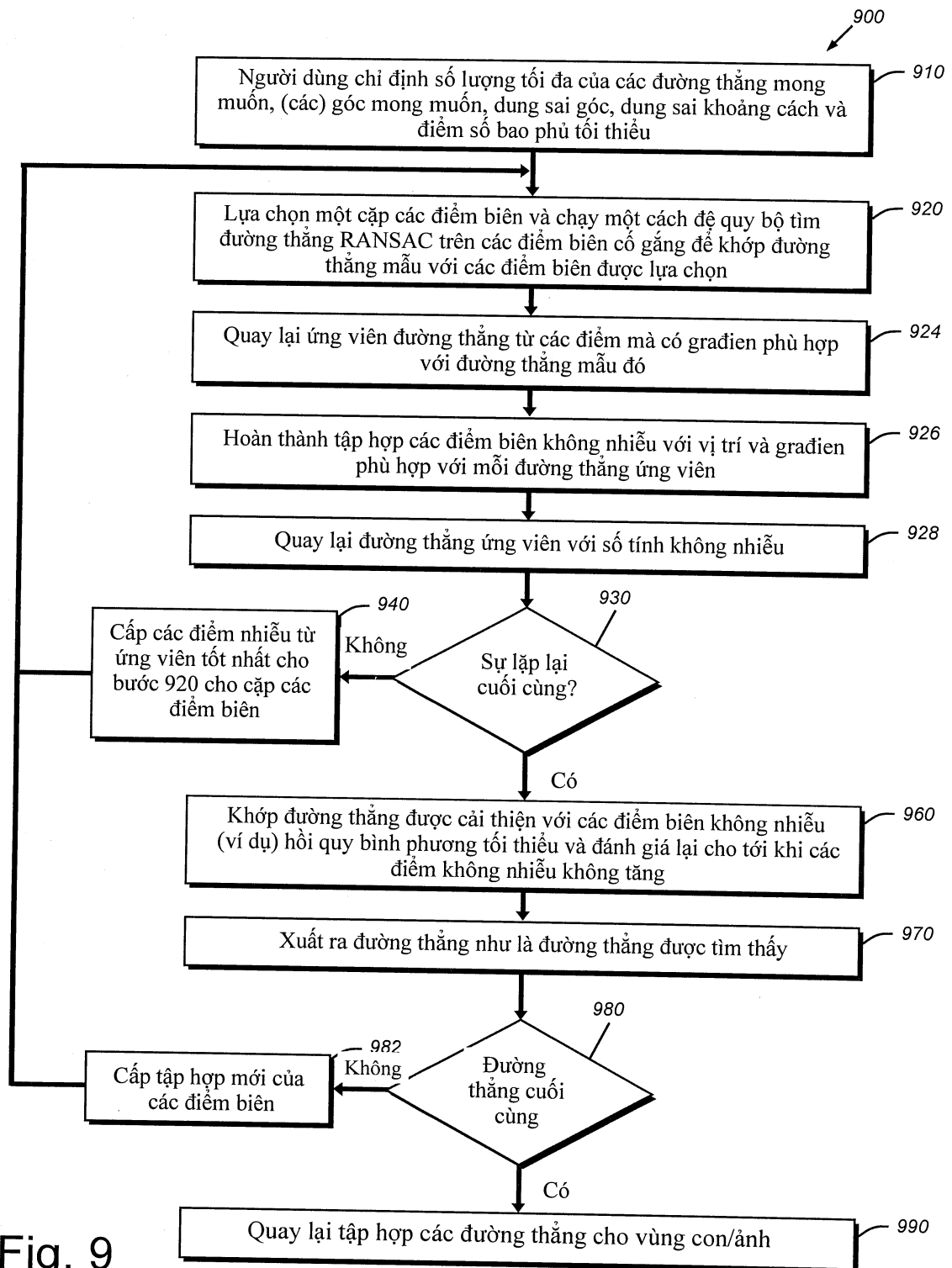


Fig. 9

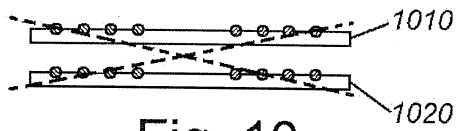


Fig. 10

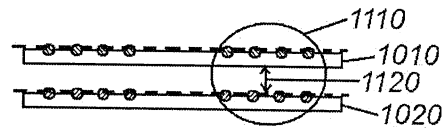


Fig. 11

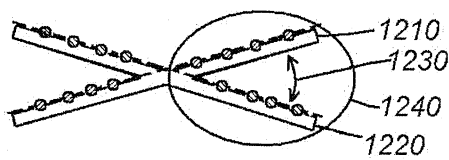


Fig. 12

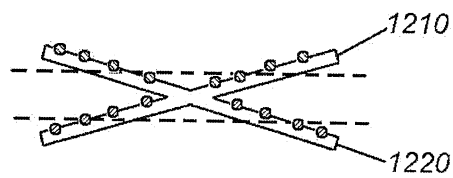
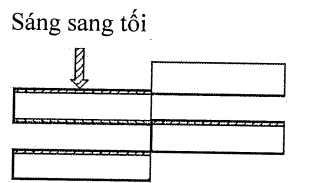
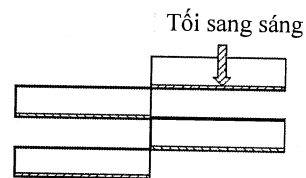


Fig. 13



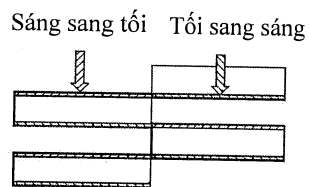
Tối sang sáng Cực tính

Fig. 14



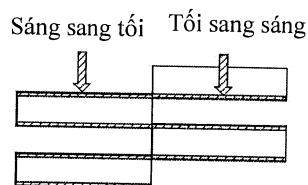
Tối sang sáng Cực tính

Fig. 15



Một trong hai cực tính

Fig. 16



Cực tính hỗn hợp

Fig. 17

