



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

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

(11)



1-0024542

(51)⁷ G06T 3/60

(13) B

(21) 1-2016-02590

(22) 13/10/2014

(86) PCT/CN2014/088484 13/10/2014

(87) WO2015/096535 A1 02/07/2015

(30) 201310733877.7 25/12/2013 CN

(45) 27/07/2020 388

(43) 26/09/2016 342A

(73) GRG BANKING EQUIPMENT CO., LTD. (CN)

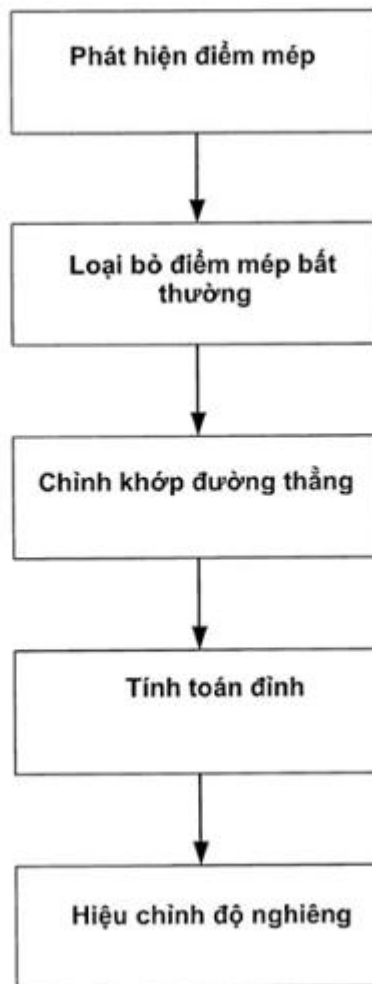
9 Kelin Road, Science City, Luogang District, Guangzhou, Guangdong 510663, P. R. China

(72) WANG, Qianwen (CN); YOU, Jing (CN); XU, Jing (CN); XIE, Dehao (CN).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ WINCO (WINCO CO., LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP HIỆU CHỈNH ẢNH HÌNH TỨ GIÁC BỊ PHÂN MẢNH HOẶC BIẾN DẠNG

(57) Sáng chế đề cập tới phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng. Phương pháp này có năm bước bao gồm: phát hiện điểm mép, loại bỏ điểm mép bất thường, chỉnh khớp đường thẳng, tính toán đỉnh và hiệu chỉnh ảnh. Phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng được áp dụng cho phương pháp và hệ thống nhận dạng các chất liệu dạng tờ, chẳng hạn giấy tờ có giá, tờ tiền, thẻ nhận dạng, v.v., và có thể thực hiện nhanh chóng việc phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng trên ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác bị phân mảnh hoặc biến dạng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới kỹ thuật nhận dạng ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác, và cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng của giấy tờ có giá như tờ tiền trong lĩnh vực tài chính, các hóa đơn như vé xe, hoặc các giấy tờ khác như thẻ nhận dạng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Vì trạng thái nghiêng của vị trí và trạng thái biến dạng khi di chuyển thường xảy ra đối với phương tiện nhận dạng dùng cho giấy tờ có giá, hóa đơn và giấy tờ khác trong quá trình định vị chúng hoặc quá trình chuyển động tốc độ cao, ảnh được tạo ra thường là ảnh bị nghiêng hoặc bị biến dạng. Khi ảnh thu thập được được nhận dạng, trước hết, việc phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng thường được thực hiện trên ảnh thu thập được, và nội dung của ảnh sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng được nhận dạng tiếp. Do đó, việc phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng là những đối tượng quan trọng khi thiết kế một hệ thống nhận dạng dùng cho giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác.

Trong quá trình phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng, ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác có các đặc tính sau.

1. Hình dạng là hình tứ giác, nhưng bốn mép thường có thể bị phân mảnh, và cần phải thu được các mép không có khuyết tật bị phân mảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác.

2. Phương tiện nhận dạng có yêu cầu cao về thời gian nhận dạng và khoảng trống bảo quản. Ví dụ, một máy gửi và rút tiền thông thường xử lý giấy tờ có giá ở tốc độ rất cao. Nhiều đối tượng nhận dạng, ví dụ, nhận dạng loại giấy tờ có giá, nhận dạng số tiền tổ của giấy tờ có giá, nhận dạng tính xác thực của giấy tờ có giá và nhận dạng phân loại giấy tờ có giá hoặc nhận dạng tương tự, được tiếp nhận trong quá trình xử lý từng giấy tờ có giá; do đó, khoảng thời gian để thực hiện việc phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng cần phải được rút ngắn. Hơn nữa, vì nhiều giấy tờ có giá được xử lý

trong một nền tảng phần cứng như nền tảng nhúng, các yêu cầu cũng được đặt ra đối với khoảng trống bảo quản.

3. Ảnh tạo ra của giấy tờ có giá bị biến dạng do nhiều nhân tố như các hệ số ma sát không cố định trong quá trình di chuyển của thiết bị nhận dạng; hoặc ảnh được tạo ra của giấy tờ có biến dạng hình thang do vấn đề nghiêng góc trong quá trình quét giấy tờ.

Một thuật toán phát hiện mép thông thường là thuật toán biến đổi Hough. Thuật toán biến đổi Hough thiết lập ánh xạ hệ tọa độ vuông góc với hệ tọa độ cực, ví dụ, một đường thẳng được biểu diễn là $y=kx+b$ trong hệ tọa độ vuông góc, và được biểu diễn là $r=x \cos(\theta)+y \sin(\theta)$ trong hệ tọa độ cực, và đường thẳng bất kỳ trong hệ tọa độ vuông góc tương ứng với điểm trong hệ tọa độ cực. Khi việc phát hiện mép được thực hiện bằng cách sử dụng thuật toán biến đổi Hough, đối với các điểm mép trong ảnh, các điểm tương ứng (r, θ) trong miền biến đổi tọa độ cực được tính toán, các điểm tương ứng trong miền biến đổi được thu thập, và thu được các điểm phân bố cực đại. Hơn nữa, các điểm trên đường thẳng của một mép cần phát hiện được thu thập tiếp, và các điểm không ở trên mép này được loại bỏ. Vì một phép tính cosin và một phép tính sin cần phải được thực hiện trên từng điểm trong quá trình thiết lập ánh xạ, khối lượng tính toán là lớn, và thời gian tính toán bị kéo dài vì việc tính toán là phép tính có số phẩy động.

Một thuật toán phát hiện mép thông thường khác là phương pháp phát hiện mép Canny. Toán tử Canny là toán tử phát hiện mép dựa trên thuật toán tối ưu hóa, nhờ đó tạo ra tỷ lệ tín hiệu-nhiều tốt và độ chính xác phát hiện cao. Trước hết, việc khử nhiễu được thực hiện trên ảnh bằng cách sử dụng kỹ thuật lọc Gaussian. Tiếp đó, giá trị biên độ và hướng của gradien được tính toán bằng sai phân hữu hạn của đạo hàm riêng bậc một. Tiếp theo, bước loại bỏ trị số phi cực đại được thực hiện đối với giá trị biên độ của gradien. Sau cùng, mép được phát hiện và được liên kết bằng thuật toán ngưỡng kép. Như vậy, giải pháp này có khối lượng tính toán lớn, và thời gian tính toán dài.

Do đó, cần phải đề xuất phương pháp cho phép thực hiện một cách nhanh chóng việc phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng trên ảnh bị phân mảnh hoặc biến dạng của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác.

Công bố đơn sáng chế Mỹ số 2013/0182002 đề xuất phương pháp xử lý các ảnh số được chụp bằng một thiết bị di động. Phương pháp này bao gồm các bước: thu thập một hoặc nhiều dữ liệu ảnh chứa dấu hiệu đặc trưng số của tài liệu và dữ liệu audio liên quan tới dấu hiệu đặc trưng số của tài liệu này; sử dụng bộ xử lý để xác định các điểm mép ứng cử, trong đó việc xác định từng điểm mép ứng cử bao gồm xác định một hoặc nhiều cửa sổ phân tích lớn bên trong ảnh số, xác định các cửa sổ phân tích nhỏ bên trong ảnh số; đánh giá một hoặc nhiều phân bố thống kê đối với từng cửa sổ phân tích lớn; tính toán một hoặc nhiều thống kê đối với từng cửa sổ phân tích nhỏ; xác định xem chênh lệch đáng kể về thống kê có tồn tại giữa một hoặc nhiều thống kê tính toán được đối với từng cửa sổ phân tích nhỏ và phân bố thống kê tương ứng được ước tính đối với một hoặc nhiều cửa sổ phân tích lớn hay không; gán một điểm trong từng cửa sổ phân tích nhỏ trong đó tồn tại chênh lệch thống kê đáng kể làm điểm mép ứng cử khi xác định là tồn tại chênh lệch đáng kể thống kê; xác định bốn cạnh của hình tứ giác dựa trên các điểm mép ứng cử; và xuất dấu hiệu đặc trưng số của tài liệu và hình tứ giác ra màn hình của thiết bị di động.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết vấn đề theo kỹ thuật đã biết là thời gian tính toán kéo dài của thuật toán phát hiện mép, sáng chế đề xuất phương pháp thực hiện việc phát hiện mép nhanh chóng và hiệu chỉnh độ nghiêng trên ảnh bị phân mảnh hoặc biến dạng của tờ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ khác.

Theo khía cạnh chính, sáng chế đề xuất phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng của tờ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ, phương pháp này bao gồm các bước: bước 1, phát hiện điểm mép: trong đó các điểm mép được phát hiện nhanh chóng bằng cách sử dụng chênh lệch giá trị thang độ xám giữa vùng ảnh và vùng nền trong ảnh thu thập được, và trong đó các điểm mép được phát hiện nhanh chóng trên từng mép của ảnh thu thập được theo hướng X ở các khoảng cách đều nhau bằng ΔW dựa trên đặc tính là ảnh của tờ tiền có dạng hình tứ giác và các mép của ảnh là các đường thẳng, thu được một số lượng hạn chế các điểm mép trong đó hướng X là phương nằm ngang trên ảnh; bước 2, loại bỏ điểm mép bất thường: trong đó các điểm bất thường phát hiện được do trạng thái phân mảnh, vết gấp hoặc trạng thái tương tự

được loại bỏ để cải thiện độ chính xác của việc chỉnh khớp đường thẳng; phép thống kê được thực hiện trên phân bố độ dốc đối với độ dốc của các điểm mép liên kề dựa trên đặc tính là phần mép bị phân mảnh nhỏ hơn phần mép không bị phân mảnh trong ảnh của tờ tiền, và các điểm mép tương ứng với giá trị độ dốc có trị số không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc được loại bỏ; bước 3, chỉnh khớp đường thẳng: trong đó phương pháp san bằng bình phương bé nhất được thực hiện trên tập hợp điểm của các điểm mép thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ để thu được phương trình đường thẳng mép; bước 4, tính toán đỉnh: trong đó thu được đường thẳng mép trên, đường thẳng mép dưới, đường thẳng mép trái và đường thẳng mép phải nhờ ba bước nêu trên, và thu được bốn đỉnh của hình tứ giác bằng cách giải các giao điểm của bốn đường thẳng này; và bước 5, hiệu chỉnh ảnh: trong đó thu được quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi hiệu chỉnh và điểm đã hiệu chỉnh bằng cách thực hiện dịch chuyển X tỷ lệ và dịch chuyển Y tỷ lệ đối với một điểm trong ảnh ban đầu trong không gian biến đổi song tuyến tính để thu được điểm tương ứng trong ảnh đã hiệu chỉnh, và phép nội suy thang độ xám được thực hiện để thu được ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng của ảnh tờ tiền, trong đó hai đỉnh trên mép trên của hình tứ giác có cùng vị trí thẳng đứng và hai đỉnh trên mép dưới của hình tứ giác có cùng vị trí thẳng đứng.

Bước 1 để phát hiện điểm mép trên bao gồm: 1.1, tìm kiếm, từ trên xuống dưới, điểm mép trên trên đường thẳng $x = \text{WIDTH}/2$, trong đó điểm mép thu được là $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_0] = (x_{\text{up_index}_0}, y_{\text{up_index}_0})$ và WIDTH biểu thị độ rộng của ảnh; 1.2, phát hiện điểm mép trên đường thẳng $x = x_{\text{up_index}_0} - \Delta W$, trong đó khoảng tìm kiếm của y là $[y_{\text{up_index}_0} - \Delta y, y_{\text{up_index}_0} + \Delta y]$, và điểm mép tìm được là $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_1] = (x_{\text{up_index}_1}, y_{\text{up_index}_1})$; 1.3, lặp lại hoạt động ở bước 1.2 với $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_1]$ làm điểm gốc, và thực hiện việc phát hiện điểm mép cho đến khi không phát hiện được điểm mép bên trong khoảng tìm kiếm thiết lập; 1.4, phát hiện điểm mép trên đường thẳng $x = x_{\text{up_index}_0} + \Delta W$, trong đó khoảng tìm kiếm của y là $[y_{\text{up_index}_0} - \Delta y, y_{\text{up_index}_0} + \Delta y]$, và điểm mép tìm được là $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_1] = (x_{\text{up_index}_1}, y_{\text{up_index}_1})$; 1.5, lặp lại hoạt động ở bước 1.4 với $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_1]$ làm điểm gốc, và thực hiện việc phát hiện điểm mép cho đến khi không phát hiện được điểm mép bên trong khoảng tìm kiếm thiết lập; và 1.6, thu được tập hợp điểm của các điểm mép trên phát hiện được ($\text{PointsSet_Up}[\text{index}_{\text{lm}}]$,

PointsSet_Up[index_{lm+1}], PointsSet_Up[index_l], PointsSet_Up[index₀],
 PointsSet_Up[index₁], PointsSet_Up[index_{rm-1}], PointsSet_Up[index_{rm}].

Tốt hơn là, bước 2 để loại bỏ điểm mép bất thường bao gồm:

2.1, tính toán độ dốc: trong đó giả sử hai điểm mép trên liền kề là PointsSet_Up[index_{n-1}] và PointsSet_Up[index_n], và độ dốc của hai điểm mép trên liền kề là

$$k = \frac{\text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].y - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].y}{\text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].x - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].x},$$

$$\text{vì } \text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].x - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].x = \Delta W,$$

$$\text{do đó } k = \frac{\text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].y - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].y}{\Delta W}$$

vì ΔW là hằng số, k được biểu thị trực tiếp bằng ks khi xác định độ dốc,

$$ks = \text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].y - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].y,$$

$$k \sim ks;$$

2.2, phép thống kê phân bố độ dốc: trong đó phép thống kê phân bố độ dốc được thực hiện bằng cách lấy tiêu chuẩn định lượng là 1 làm ví dụ, các góc của mép trên, mép dưới, mép trái và mép phải nói chung nhỏ hơn 90° , và giả sử các góc nghiêng của bốn mép trong ảnh cần phải nhỏ hơn θ ; do đó, độ dốc ks tính toán được ở bước 2.1 là một số nguyên, giá trị lớn nhất của độ dốc ks được biểu diễn là $ks_{\max}$, và giá trị nhỏ nhất của độ dốc ks được biểu diễn là $ks_{\min}$, tiếp đó,

$$k_{\max} = \frac{ks_{\max}}{\Delta W} = \tan(\theta),$$

$$k_{\min} = \frac{ks_{\min}}{\Delta W} = \tan(-\theta) = -\tan(\theta);$$

do đó,

$$ks_{\max} = [\tan(\theta) * \Delta W],$$

$$ks_{\min} = -[\tan(\theta) * \Delta W], \text{ trong đó } [] \text{ biểu thị phép làm tròn};$$

phép thống kê tích lũy được thực hiện trên ks trong khoảng $[-[\tan(\theta) * \Delta W], [\tan(\theta) * \Delta W]]$, và thu được các điểm tương ứng với ks có trị số không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc; và

2.3, loại bỏ điểm mép bất thường:

trong đó dựa trên ks tính toán được ở bước 2.2, giá trị của nó là lớn nhất trong phân bố độ dốc, các điểm tương ứng với ks có giá trị không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc, được loại bỏ ra khỏi tập hợp điểm của các điểm mép, và tập hợp điểm của các điểm mép trên thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ được xác định là PointsSet_Up_New.

Tốt hơn là, bước 3 để thu được phương trình đường thẳng mép bao gồm: giả sử phương trình đường thẳng mép trên cần được giải là $y=kx+b$, tập hợp điểm của các điểm mép trên thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ là PointsSet_Up_New, X biểu thị PointsSet_Up_New.x, Y biểu thị PointsSet_Up_New.y, và n là số lượng điểm trong PointsSet_Up_New, thì

$$k = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2},$$

$$b = \frac{(\sum Y) - k(\sum X)}{n};$$

trong đó thu được các phương trình đường thẳng mép lần lượt đối với mép dưới, mép trái và mép phải theo cách tương tự.

tốt hơn là, bước 5 để thu được quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi được hiệu chỉnh và điểm đã hiệu chỉnh bao gồm: thực hiện dịch chuyển X và dịch chuyển Y trên một điểm trong ảnh gốc trong không gian biến đổi song tuyến tính để thu được điểm tương ứng trong ảnh đã hiệu chỉnh, trong đó giả sử thu được bốn đỉnh A, B, C và D nhờ tính toán ở bước 4, và các điểm tương ứng sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng lần lượt là A', B', C' và D', trong đó đỉnh A là đỉnh trái trên của ảnh ban đầu, đỉnh B là đỉnh phải trên của ảnh ban đầu, đỉnh C là đỉnh trái dưới của ảnh ban đầu, và đỉnh D là đỉnh phải dưới của ảnh ban đầu; đỉnh A' là đỉnh trái trên của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, đỉnh B' là đỉnh phải trên của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, đỉnh C' là đỉnh trái dưới của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, và đỉnh D' là đỉnh phải dưới của ảnh đã hiệu

chỉnh nghiêng, và trong đó bước tính toán quan hệ tương ứng giữa điểm $X'(x', y')$ trong ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng và điểm tương ứng $X(x, y)$ trong ảnh gốc tương ứng bao gồm:

5.1, tính toán dịch chuyển theo hướng y :

trong đó dịch chuyển của điểm X' trong ảnh đã hiệu chỉnh theo hướng y là y' , tương tự, từng điểm E' và điểm F' cũng có dịch chuyển y' theo hướng y , và điểm X' , điểm E' và điểm F' lần lượt tương ứng với điểm X , điểm E và điểm F trong ảnh gốc;

các tọa độ của điểm E :

trong đó dịch chuyển của điểm E' theo hướng y , nghĩa là, dịch chuyển của điểm E' trên đường thẳng $A'C'$, tương ứng với chuyển động của điểm E trên đường thẳng AC trong ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng, tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm E' trên đường thẳng $A'C'$;

$$x_E = x_A + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (x_C - x_A),$$

$$y_E = y_A + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (y_C - y_A)$$

nghĩa là, [công thức 1]

$$x_E = x_A + \frac{y'}{Height} \bullet (x_C - x_A)$$

$$y_E = y_A + \frac{y'}{Height} \bullet (y_C - y_A)$$

các tọa độ của điểm F :

dịch chuyển của điểm F' theo hướng y , nghĩa là, dịch chuyển của điểm F' trên đường thẳng $B'D'$, tương ứng với chuyển động của điểm F trên đường thẳng BD trong ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng, tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm F' trên đường thẳng $B'D'$,

$$x_F = x_B + \frac{y_{F'} - y_{B'}}{y_{D'} - y_{B'}} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y_{F'} - y_{B'}}{y_{D'} - y_{B'}} \bullet (y_D - y_B)$$

vì ảnh đã hiệu chỉnh có dạng hình tứ giác,

$$y_{D'} = y_{C'}, y_{B'} = y_{A'}, y_{F'} = y_{E'};$$

do đó,

$$x_F = x_B + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (y_D - y_B)$$

nghĩa là, [công thức 2]:

$$x_F = x_B + \frac{y'}{Height} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y'}{Height} \bullet (y_D - y_B)$$

5.2, dịch chuyển theo hướng x:

trong đó dịch chuyển của điểm X' trong ảnh đã hiệu chỉnh theo hướng x là x', và chuyển động của điểm X' theo hướng x, nghĩa là, chuyển động của điểm X' trên đường thẳng E'F', tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm X trên đường thẳng EF,

các tọa độ của điểm X thu được dựa trên các tọa độ của điểm E và các tọa độ của điểm F:

$$x_X = x_E + \frac{x_{X'} - x_{E'}}{x_{B'} - x_{A'}} \bullet (x_F - x_E)$$

$$y_X = y_E + \frac{x_{X'} - x_{E'}}{x_{B'} - x_{A'}} \bullet (y_F - y_E)$$

nghĩa là, [công thức 3]:

$$x_X = x_E + \frac{x'}{Width} \bullet (x_F - x_E)$$

$$y_X = y_E + \frac{x'}{Width} \bullet (y_F - y_E)$$

quan hệ tương ứng giữa một điểm (x', y') bất kỳ trong ảnh đã hiệu chỉnh và điểm (x, y) trong ảnh gốc tương ứng thu được theo [công thức 1], [công thức 2] và [công thức 3].

Tốt hơn là, khi thu thập quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi được hiệu chỉnh và điểm đã hiệu chỉnh ở bước 5, thu được ảnh đã hiệu chỉnh của toàn bộ ảnh của tờ tiền nếu giá trị của x' dịch chuyển từ 0 tới Width-1 và giá trị của y' dịch chuyển từ 0 tới Height-1, và thu được ảnh đã hiệu chỉnh của một phần vùng quan tâm trên tờ tiền nếu

giá trị của x' chỉ được lấy từ một phần của các giá trị trong khoảng $[0, \text{Width}]$ và/hoặc giá trị của y' chỉ được lấy từ một phần của các giá trị trong khoảng $[0, \text{Height}]$.

Tốt hơn là, thuật toán nội suy thang độ xám ở bước 5 là nội suy lân cận gần nhất, nội suy song tuyến tính hoặc nội suy bậc cao.

Phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng theo sáng chế có thể được áp dụng cho phương pháp nhận dạng và hệ thống nhận dạng từ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ khác, chẳng hạn thẻ nhận dạng. Ở bước 1 của phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng, việc phát hiện điểm mép được thực hiện một cách nhanh chóng dựa trên chênh lệch giữa phần nền và phần mặt trước trong ảnh thu thập được, nhờ đó ngăn chặn tính toán phức tạp gây ra bởi các toán tử gradient khác nhau và rút ngắn thời gian phát hiện đối với các điểm mép. Hơn nữa, việc phát hiện điểm mép được thực hiện trong ảnh ở các khoảng cách đều nhau, nhờ đó rút ngắn thời gian phát hiện đối với các điểm mép. Ngoài ra, vì các tọa độ của các điểm mép liên kề ở gần nhau, điểm mép kế tiếp có thể được phát hiện bằng cách sử dụng thông tin về điểm mép liên kề trước đó trong quá trình phát hiện cùng mép, nhờ đó thu hẹp phạm vi phát hiện đối với các điểm mép và rút ngắn thời gian phát hiện đối với các điểm mép. Phương pháp tính toán đơn giản hóa được đề xuất để thực hiện tính toán độ dốc ở bước 2, việc tính toán độ dốc bằng phép chia có số phẩy động có thể được biến đổi thành phép trừ số nguyên, nhờ đó giảm bớt độ phức tạp tính toán và rút ngắn thời gian tính toán. Phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng theo sáng chế thực hiện việc phát hiện mép và hiệu chỉnh độ nghiêng một cách nhanh chóng đối với ảnh bị phân mảnh hoặc biến dạng của tờ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là lưu đồ thể hiện phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện một ảnh có mép bị phân mảnh;

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện kết quả của việc chỉnh khớp mép mà không loại bỏ điểm bất thường;

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện kết quả của việc chỉnh khớp mép sau khi loại bỏ điểm bất thường; và

Fig.5 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện đồ thị thiết lập ánh xạ khi hiệu chỉnh độ nghiêng ảnh.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước hết, giải thích các tham số:

WIDTH: độ rộng của toàn bộ ảnh

HEIGHT: độ cao của toàn bộ ảnh

Width: độ rộng của ảnh sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng

Height: độ cao của ảnh sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng

x: biến đổi của ảnh theo phương nằm ngang

y: biến đổi của ảnh theo phương thẳng đứng

tập hợp điểm của các điểm mép trên PointsSet_Up

tập hợp điểm của các điểm mép dưới PointsSet_Down

tập hợp điểm của các điểm mép trái PointsSet_Left

tập hợp điểm của các điểm mép phải PointsSet_Right

đường thẳng mép trên Line_Up

đường thẳng mép dưới Line_Down

đường thẳng mép trái Line_Left

đường thẳng mép phải Line_Right

ΔW : khoảng cách bước theo hướng x khi các điểm mép trên và các điểm mép dưới được phát hiện

Δy : khoảng di động theo hướng y khi các điểm mép trên và các điểm mép dưới được phát hiện

ΔH : khoảng cách bước theo hướng y khi các điểm mép trái và các điểm mép phải được phát hiện

Δx : khoảng di động theo hướng x khi các điểm mép trái và các điểm mép phải được phát hiện

Để mô tả tiếp phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng theo sáng chế, sau đây sẽ mô tả chi tiết phương pháp theo phương án ưu tiên của sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig.1 là lưu đồ thể hiện phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng, phương pháp này có năm bước bao gồm: phát hiện điểm mép, loại bỏ điểm mép bất thường, chỉnh khớp đường thẳng, tính toán đỉnh và hiệu chỉnh ảnh sẽ được mô tả chi tiết dưới đây từng bước một.

Bước 1: phát hiện điểm mép

Có chênh lệch giữa các giá trị thang độ xám của vùng ảnh và vùng nền trong quá trình tạo ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác. Với chênh lệch này, các điểm mép của từng mép của vùng ảnh có thể được xác định một cách nhanh chóng, không ở trong nền, nhờ đó ngăn chặn tính toán phức tạp gây ra bởi các toán tử gradient khác nhau và giảm bớt thời gian phát hiện đối với các điểm mép.

Ngoài ra, vì giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác có dạng hình tứ giác và các mép là các đường thẳng, không cần phải phát hiện tất cả các điểm mép. Chỉ một số lượng hạn chế các điểm mép cần phải được phát hiện đối với từng mép, và tiếp đó việc chỉnh khớp mép có thể được thực hiện để thu được phương trình đường thẳng. Do đó, việc phát hiện điểm mép được thực hiện trên ảnh ở các khoảng cách đều nhau, nhờ đó rút ngắn thời gian phát hiện đối với các điểm mép.

Hơn nữa, vì các tọa độ của các điểm mép liên kề nằm sát nhau, điểm mép kế tiếp có thể được phát hiện bằng cách sử dụng thông tin về điểm mép liên kề trước đó trong quá trình phát hiện cùng mép, nhờ đó thu hẹp phạm vi phát hiện của các điểm mép và rút ngắn thời gian để phát hiện các điểm mép.

Cụ thể hơn, theo ví dụ về việc phát hiện điểm mép trên:

(1) điểm mép trên được tìm kiếm trên đường thẳng $x = \text{WIDTH}/2$ từ trên xuống dưới, và điểm mép thu được là $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_0] = (x_{\text{up_index}_0}, y_{\text{up_index}_0})$;

(2) điểm mép được phát hiện trên đường thẳng $x = x_{\text{up_index}_0} - \Delta W$, khoảng tìm kiếm của y là $[y_{\text{up_index}_0} - \Delta y, y_{\text{up_index}_0} + \Delta y]$, và điểm mép tìm được là $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_1] = (x_{\text{up_index}_1}, y_{\text{up_index}_1})$;

(3) hoạt động trong bước (2) được lặp lại với $\text{PointsSet_Up}[\text{index}_1]$ là điểm gốc để thực hiện phát hiện điểm mép cho đến khi không phát hiện được điểm mép bên trong khoảng tìm kiếm thiết lập;

(4) điểm mép được phát hiện trên đường thẳng $x = x_up_index_0 + \Delta W$, khoảng tìm kiếm của y là $[y_up_index_0 - \Delta y, y_up_index_0 + \Delta y]$, và điểm mép tìm được là $PointsSet_Up[index_1] = (x_up_index_1, y_up_index_1)$;

(5) hoạt động trong bước (4) được lặp lại với $PointsSet_Up[index_1]$ là điểm gốc để thực hiện phát hiện điểm mép cho đến khi không phát hiện được điểm mép bên trong khoảng tìm kiếm thiết lập;

(6) tập hợp điểm của các điểm mép trên phát hiện được là $(PointsSet_Up[index_lm], PointsSet_Up[index_lm+1], \dots, PointsSet_Up[index_1], PointsSet_Up[index_0], PointsSet_Up[index_1], \dots, PointsSet_Up[index_rm-1], PointsSet_Up[index_rm])$.

Bước 2: loại bỏ điểm mép bất thường

Các điểm mép phát hiện được trong ảnh có các điểm mép bị phân mảnh do trạng thái phân mảnh, vết gấp hoặc trạng thái tương tự trên giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác, như được thể hiện trên Fig.2. Vì lý do này, không phải tất cả các tập hợp điểm mép phát hiện được đều nằm trên một đường thẳng, như vậy có ảnh hưởng đến độ chính xác chỉnh khớp của các đường thẳng mép sau đó. Do đó, trước khi chỉnh khớp, việc loại bỏ điểm mép bất thường được thực hiện.

Theo phương án này, dựa trên đặc tính là phần mép bị phân mảnh nhỏ hơn phần mép không bị phân mảnh trong ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác, phép thống kê được thực hiện trên phân bố độ dốc đối với độ dốc của các điểm mép liên kề, và độ dốc, giá trị của nó là lớn nhất trong phân bố độ dốc, được lấy làm độ dốc của đường thẳng cần chỉnh khớp, và các điểm mép có độ dốc không thuộc phạm vi của độ dốc lớn nhất được loại bỏ. Trong trường hợp này, cụ thể hơn, tính toán độ dốc và phép thống kê phân bố độ dốc được đơn giản hóa.

Tương tự, bằng cách lấy mép trên làm ví dụ, việc tính toán được thực hiện theo các bước sau:

(1) tính toán độ dốc

Khi phát hiện điểm mép ở bước 1, việc phát hiện điểm mép được thực hiện theo hướng x ở các khoảng cách đều nhau bằng ΔW ; giả sử hai điểm mép trên liên kề là $PointsSet_Up[index_{n-1}]$ và $PointsSet_Up[index_n]$, độ dốc của hai điểm mép trên liên kề

$$k = \frac{PointsSet_Up[index_n].y - PointsSet_Up[index_{n-1}].y}{PointsSet_Up[index_n].x - PointsSet_Up[index_{n-1}].x};$$

là

$$\text{vì } \text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].x - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].x = \Delta W,$$

$$k = \frac{\text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].y - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].y}{\Delta W};$$

vì ΔW là hằng số, khi ước lượng độ dốc, k được biểu thị trực tiếp bằng ks ,

$$ks = \text{PointsSet_Up}[\text{index}_n].y - \text{PointsSet_Up}[\text{index}_{n-1}].y,$$

$$k \sim ks.$$

Theo cách này, tính toán độ dốc với phép chia có số phẩy động được đơn giản hóa thành phép trừ số nguyên.

(2) phép thống kê phân bố độ dốc

Phép thống kê định lượng được thực hiện trên phân bố độ dốc. Trong ứng dụng thực tế, phép thống kê định lượng đối với độ dốc có thể được thiết kế dựa trên độ chính xác khi tính toán độ dốc; nghĩa là, phép thống kê phân bố độ dốc có thể được thực hiện trên giá trị độ dốc với tiêu chuẩn định lượng là 1, hoặc với tiêu chuẩn định lượng là 2. Trong trường hợp tiêu chuẩn định lượng là 2, phân bố của hai độ dốc liên kế được kết hợp và phép thống kê tích lũy được thực hiện.

Phép thống kê phân bố độ dốc được giải thích sau đây bằng cách lấy tiêu chuẩn định lượng là 1 làm ví dụ.

Cụ thể là, các góc của mép trên, mép dưới, mép trái và mép phải đều nhỏ hơn 90° . Giả sử các góc nghiêng của bốn mép trong ảnh cần phải nhỏ hơn θ , độ dốc ks tính toán được trong bước (1) vì thế là một số nguyên, giá trị lớn nhất của ks được biểu diễn là $ks_{\max}$, và giá trị nhỏ nhất của ks được biểu diễn là $ks_{\min}$, thì:

$$k_{\max} = \frac{ks_{\max}}{\Delta W} = \tan(\theta)$$

$$k_{\min} = \frac{ks_{\min}}{\Delta W} = \tan(-\theta) = -\tan(\theta)$$

do đó,

$$ks_{\max} = [\tan(\theta) * \Delta W]$$

$$ks_{\min} = -[\tan(\theta) * \Delta W], \text{ trong đó } [] \text{ biểu thị phép làm tròn, vì } ks \text{ là một số nguyên;}$$

phép thống kê tích lũy được thực hiện trên ks trong khoảng $[-[\tan(\theta) * \Delta W], [\tan(\theta) * \Delta W]]$, và tiếp đó thu được ks, giá trị của nó là lớn nhất trong phân bố độ dốc;

(3) loại bỏ điểm mép bất thường

Như đã mô tả trên đây, trong trường hợp mép của ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác bị phân mảnh hoặc có trạng thái tương tự, điểm mép phát hiện được trong phần bị phân mảnh không ở trên đường thẳng giống như mép thực, và độ dốc của điểm mép phát hiện được trong phần bị phân mảnh là khác với độ dốc của mép thực. Hơn nữa, giả sử phần bị phân mảnh nhỏ hơn một nửa toàn bộ mép, ks, giá trị của nó là lớn nhất trong phân bố độ dốc có thể được tính toán nhờ bước (2), và tiếp đó các điểm tương ứng với ks có giá trị không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc được loại bỏ ra khỏi tập hợp điểm của các điểm mép. Tập hợp điểm của các điểm mép trên thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ được xác định là PointsSet_Up_New.

Bước 3, chỉnh khớp đường thẳng: phương pháp san bằng bình phương bé nhất được thực hiện trên tập hợp điểm thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ để thu được phương trình đường thẳng.

Giả sử phương trình đường thẳng mép trên cần được giải là $y=kx+b$, tập hợp điểm của các điểm mép trên thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ là PointsSet_Up_New, trong đó X biểu thị PointsSet_Up_New.x, Y biểu thị PointsSet_Up_New.y, n là số lượng điểm trong PointsSet_Up_New, thì

$$k = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2},$$

$$b = \frac{(\sum Y) - k(\sum X)}{n}.$$

Tương tự, đối với mép dưới, mép trái và mép phải, các phương trình đường thẳng mép tương ứng lần lượt thu được nhờ các bước như đã mô tả trên đây. Như được thể hiện trên Fig.3 và Fig.4, tác dụng của việc chỉnh khớp mép trước khi loại bỏ điểm bất thường là khác với tác dụng của việc chỉnh khớp mép sau khi loại bỏ điểm bất thường, và tác dụng của việc chỉnh khớp mép sau khi loại bỏ điểm bất thường là gần đúng với mép của ảnh không bị phân mảnh hoặc biến dạng.

Bước 4, tính toán đỉnh: bốn đỉnh thu được bằng cách giải các đường thẳng của bốn mép.

Thu được các giao điểm, nghĩa là, các đỉnh của hình tứ giác, bằng cách giải phương trình hai đường giao nhau.

Giao điểm của đường thẳng mép trên và đường thẳng mép trái được giải và thu được đỉnh trái trên A, giao điểm của đường thẳng mép trên và đường thẳng mép phải được giải và thu được đỉnh phải trên B, giao điểm của đường thẳng mép dưới và đường thẳng mép trái được giải và thu được đỉnh trái dưới C thu được, và giao điểm của đường thẳng mép dưới và đường thẳng mép phải được giải và thu được đỉnh phải dưới D như được thể hiện trên Fig.5.

Bước 5, hiệu chỉnh ảnh: thu được nội dung của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng.

Sau khi thu thập ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác, có thể có yêu cầu chỉ nhận dạng một phần của nội dung của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác trong ứng dụng liên quan. Ví dụ, chỉ cần phải nhận dạng số thẻ nhận dạng khi thẻ nhận dạng được nhận dạng. Ngoài ra, chỉ có mã hai chiều ở góc phải dưới của tờ tiền cần phải được nhận dạng khi tờ tiền được nhận dạng.

Do đó, việc hiệu chỉnh độ nghiêng như nêu trên không những có thể được áp dụng cho toàn bộ ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác, mà còn được áp dụng cho một phần vùng quan tâm trên ảnh của giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác.

Quy trình hiệu chỉnh có hai bước:

(1) tính toán mối tương quan chuyển đổi trước khi hiệu chỉnh và sau khi hiệu chỉnh

Dịch chuyển X và dịch chuyển Y được thực hiện trên điểm trong ảnh gốc trong không gian biến đổi song tuyến tính để thu được điểm tương ứng trong ảnh đã hiệu chỉnh.

Giả sử thu được bốn đỉnh A, B, C và D nhờ tính toán ở bước 4, thu được các điểm tương ứng sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng lần lượt là A', B', C' và D' như được thể hiện trên Fig.5.

Quan hệ tương ứng giữa điểm $X'(x', y')$ trong ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng và điểm tương ứng $X(x, y)$ trong ảnh gốc tương ứng (ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng) được tính toán dưới đây.

(1.1) dịch chuyển theo hướng y được tính toán trước:

Dịch chuyển của điểm X' trong ảnh đã hiệu chỉnh theo hướng y là y' , tương tự, từng điểm E' và điểm F' cũng có dịch chuyển y' theo hướng y , và điểm X' , điểm E' và điểm F' lần lượt tương ứng với điểm X , điểm E và điểm F trong ảnh gốc.

Các tọa độ của điểm E :

Dịch chuyển của điểm E' theo hướng y , nghĩa là, dịch chuyển của điểm E' trên đường thẳng $A'C'$, tương ứng với chuyển động của điểm E trên đường thẳng AC trong ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng, tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm E' trên đường thẳng $A'C'$.

$$x_E = x_A + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (x_C - x_A)$$

$$y_E = y_A + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (y_C - y_A)$$

nghĩa là, [công thức 1]:

$$x_E = x_A + \frac{y'}{Height} \bullet (x_C - x_A)$$

$$y_E = y_A + \frac{y'}{Height} \bullet (y_C - y_A)$$

Các tọa độ của điểm F :

dịch chuyển của điểm F' theo hướng y , nghĩa là, dịch chuyển của điểm F' trên đường thẳng $B'D'$, tương ứng với chuyển động của điểm F trên đường thẳng BD trong ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng, tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm F' trên đường thẳng $B'D'$,

$$x_F = x_B + \frac{y_{F'} - y_{B'}}{y_{D'} - y_{B'}} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y_{F'} - y_{B'}}{y_{D'} - y_{B'}} \bullet (y_D - y_B)$$

vì ảnh đã hiệu chỉnh có dạng hình tứ giác,

$$y_{D'} = y_{C'}, y_{B'} = y_{A'}, y_{F'} = y_{E'};$$

do đó,

$$x_F = x_B + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (y_D - y_B)$$

nghĩa là, [công thức 2]:

$$x_F = x_B + \frac{y'}{Height} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y'}{Height} \bullet (y_D - y_B)$$

(1.2) dịch chuyển theo hướng x:

Dịch chuyển của điểm X' trong ảnh đã hiệu chỉnh theo hướng x là x', và chuyển động của điểm X' theo hướng x, nghĩa là, chuyển động của điểm X' trên đường thẳng E'F', tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm X trên đường thẳng EF.

Các tọa độ của điểm X thu được dựa trên các tọa độ của điểm E và các tọa độ của điểm F:

$$x_X = x_E + \frac{x_{X'} - x_{E'}}{x_{B'} - x_{A'}} \bullet (x_F - x_E)$$

$$y_X = y_E + \frac{x_{X'} - x_{E'}}{x_{B'} - x_{A'}} \bullet (y_F - y_E)$$

nghĩa là, [công thức 3]:

$$x_X = x_E + \frac{x'}{Width} \bullet (x_F - x_E)$$

$$y_X = y_E + \frac{x'}{Width} \bullet (y_F - y_E)$$

Theo cách này, quan hệ tương ứng giữa một điểm (x' , y') bất kỳ trong ảnh đã hiệu chỉnh và điểm (x, y) trong ảnh gốc tương ứng thu được theo [công thức 1], [công thức 2] và [công thức 3].

Ảnh đã hiệu chỉnh của toàn bộ ảnh của tờ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ khác thu được nếu giá trị của x' dịch chuyển từ 0 tới Width-1 và giá trị của y' dịch chuyển từ 0 tới Height-1, và thu được ảnh đã hiệu chỉnh của một phần vùng quan tâm trên tờ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ khác nếu giá trị của x' chỉ được lấy từ một phần của các giá trị trong khoảng [0, Width] hoặc giá trị của y' chỉ được lấy từ một phần của các giá trị

trong khoảng $[0, \text{Height}]$. Các khoảng giá trị của x' và y' có thể được thiết lập dựa trên các yêu cầu thực tế trong ứng dụng liên quan.

(2) Nội suy thang độ xám

Sau khi thu được quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng và điểm sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng, thuật toán nội suy thang độ xám là cần thiết để thu được ảnh đã hiệu chỉnh cuối cùng sao cho ảnh đã hiệu chỉnh có đặc tính liên tục và đồng nhất cao. Phương pháp nội suy cụ thể là bao gồm nội suy lân cận gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy bậc cao hoặc phương pháp tương tự. Liên quan tới thời gian tính toán, phương pháp nội suy lân cận gần nhất có thời gian ngắn nhất, phương pháp nội suy song tuyến tính có thời gian dài hơn, và phương pháp nội suy bậc cao có thời gian dài nhất. Liên quan tới độ trơn sau khi nội suy, phương pháp nội suy bậc cao là tốt nhất, phương pháp nội suy song tuyến tính đứng thứ hai, và phương pháp nội suy lân cận gần nhất là kém nhất. Phương pháp nội suy có thể được chọn dựa trên các yêu cầu nhận dạng thực tế trong ứng dụng liên quan.

Phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng theo phương án này được áp dụng cho kỹ thuật nhận dạng chất liệu dạng tờ như giấy tờ có giá, hóa đơn hoặc giấy tờ khác và cải thiện tốc độ và độ chính xác trong việc nhận dạng.

Trên đây chỉ là các phương án ưu tiên của sáng chế, cần lưu ý rằng các phương án ưu tiên như đã mô tả trên đây không nhằm giới hạn sáng chế, và phạm vi bảo hộ của sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp hiệu chỉnh ảnh hình tứ giác bị phân mảnh hoặc biến dạng của tờ tiền, hóa đơn hoặc giấy tờ, phương pháp này bao gồm các bước:

bước 1, phát hiện điểm mép: trong đó các điểm mép được phát hiện nhanh chóng bằng cách sử dụng chênh lệch giá trị thang độ xám giữa vùng ảnh và vùng nền trong ảnh thu thập được, và trong đó các điểm mép được phát hiện nhanh chóng trên từng mép của ảnh thu thập được theo hướng X ở các khoảng cách đều nhau bằng ΔW dựa trên đặc tính là ảnh của tờ tiền có dạng hình tứ giác và các mép của ảnh là các đường thẳng, thu được một số lượng hạn chế các điểm mép, trong đó hướng X là phương nằm ngang trên ảnh;

bước 2, loại bỏ điểm mép bất thường: trong đó điểm bất thường phát hiện được do trạng thái phân mảnh, vết gấp được loại bỏ để cải thiện độ chính xác của việc chỉnh khớp đường thẳng; phép thống kê được thực hiện trên phân bố độ dốc đối với độ dốc của các điểm mép liên kế dựa trên đặc tính là phần mép bị phân mảnh nhỏ hơn phần mép không bị phân mảnh trong ảnh của tờ tiền, và các điểm mép tương ứng với giá trị độ dốc có trị số không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc được loại bỏ;

bước 3, chỉnh khớp đường thẳng: trong đó phương pháp san bằng bình phương bé nhất được thực hiện trên tập hợp điểm của các điểm mép thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ để thu được phương trình đường thẳng mép;

bước 4, tính toán đỉnh: trong đó thu được đường thẳng mép trên, đường thẳng mép dưới, đường thẳng mép trái và đường thẳng mép phải nhờ ba bước nêu trên, và thu được bốn đỉnh của hình tứ giác bằng cách giải các giao điểm của bốn đường thẳng này; và

bước 5, hiệu chỉnh ảnh: trong đó thu được quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi hiệu chỉnh và điểm đã hiệu chỉnh bằng cách thực hiện dịch chuyển X tỷ lệ và dịch chuyển Y tỷ lệ đối với một điểm trong ảnh ban đầu trong không gian biến đổi song tuyến tính để thu được điểm tương ứng trong ảnh đã hiệu chỉnh, và phép nội suy thang độ xám được thực hiện để thu được ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng của ảnh tờ tiền, trong đó hai đỉnh trên mép trên của hình tứ giác có cùng vị trí thẳng đứng và hai đỉnh trên mép dưới của hình tứ giác có cùng vị trí thẳng đứng,

trong đó bước 1 để phát hiện điểm mép trên bao gồm:

1.1, tìm kiếm, từ trên xuống dưới, điểm mép trên trên đường thẳng $x=WIDTH/2$, trong đó điểm mép thu được là $PointsSet_Up[index_0]=(x_up_index_0, y_up_index_0)$, và $WIDTH$ biểu thị độ rộng của ảnh;

1.2, phát hiện điểm mép trên đường thẳng $x= x_up_index_0-\Delta W$, trong đó khoảng tìm kiếm của y là $[y_up_index_0-\Delta y, y_up_index_0+\Delta y]$, và điểm mép tìm được là $PointsSet_Up[index_{-1}]= (x_up_index_{-1}, y_up_index_{-1})$;

1.3, lặp lại hoạt động ở bước 1.2 với $PointsSet_Up[index_{-1}]$ làm điểm gốc, và thực hiện việc phát hiện điểm mép cho đến khi không phát hiện được điểm mép bên trong khoảng tìm kiếm thiết lập;

1.4, phát hiện điểm mép trên đường thẳng $x= x_up_index_0+\Delta W$, trong đó khoảng tìm kiếm của y là $[y_up_index_0-\Delta y, y_up_index_0+\Delta y]$, và điểm mép tìm được là $PointsSet_Up[index_1]= (x_up_index_1, y_up_index_1)$;

1.5, lặp lại hoạt động ở bước 1.4 với $PointsSet_Up[index_1]$ làm điểm gốc, và thực hiện việc phát hiện điểm mép cho đến khi không phát hiện được điểm mép bên trong khoảng tìm kiếm thiết lập; và

1.6, thu được tập hợp điểm của các điểm mép trên phát hiện được $(PointsSet_Up[index_{-lm}], PointsSet_Up[index_{-lm+1}], \dots, PointsSet_Up[index_{-1}], PointsSet_Up[index_0], PointsSet_Up[index_1], \dots, PointsSet_Up[index_{rm-1}], PointsSet_Up[index_{rm}])$.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước 2 để loại bỏ điểm bất thường bao gồm:

2.1, tính toán độ dốc: trong đó giả sử hai điểm mép trên liền kề là $PointsSet_Up[index_{n-1}]$ và $PointsSet_Up[index_n]$, và độ dốc của hai điểm mép trên liền kề là:

$$k = \frac{PointsSet_Up[index_n].y - PointsSet_Up[index_{n-1}].y}{PointsSet_Up[index_n].x - PointsSet_Up[index_{n-1}].x},$$

$$PointsSet_Up[index_n].x - PointsSet_Up[index_{n-1}].x = \Delta W,$$

$$k = \frac{PointsSet_Up[index_n].y - PointsSet_Up[index_{n-1}].y}{\Delta W}$$

ΔW là hằng số, và k được biểu thị trực tiếp bằng ks khi ước lượng độ dốc,

$$ks = PointsSet_Up[index_n].y - PointsSet_Up[index_{n-1}].y$$

$$k \sim ks$$

2.2, phép thống kê phân bố độ dốc: trong đó phép thống kê phân bố độ dốc được thực hiện bằng cách lấy tiêu chuẩn định lượng là 1 làm ví dụ, các góc của mép trên, mép dưới, mép trái và mép phải nói chung nhỏ hơn 90° , và giả sử các góc nghiêng của bốn mép trong hệ thống nhỏ hơn θ ; độ dốc ks tính toán được ở bước 2.1 là một số nguyên, giá trị lớn nhất của độ dốc ks được biểu diễn là $ks_{\max}$, và giá trị nhỏ nhất của độ dốc ks được biểu diễn là $ks_{\min}$, thì

$$k_{\max} = \frac{ks_{\max}}{\Delta W} = \tan(\theta),$$

$$k_{\min} = \frac{ks_{\min}}{\Delta W} = \tan(-\theta) = -\tan(\theta);$$

do đó,

$$ks_{\max} = [\tan(\theta) * \Delta W],$$

$$ks_{\min} = -[\tan(\theta) * \Delta W], \text{ trong đó } [] \text{ biểu thị phép làm tròn;}$$

phép thống kê tích lũy được thực hiện trên ks trong khoảng $[-[\tan(\theta) * \Delta W], [\tan(\theta) * \Delta W]]$, và thu được các điểm tương ứng với ks có trị số không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc; và

2.3, loại bỏ điểm mép bất thường:

trong đó dựa trên ks tính toán được ở bước 2.2, giá trị của nó là lớn nhất trong phân bố độ dốc, các điểm tương ứng với ks có giá trị không phải là lớn nhất trong phân bố độ dốc được loại bỏ ra khỏi tập hợp điểm của các điểm mép, và tập hợp điểm của các điểm mép trên thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ được xác định là PointsSet_Up_New.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó bước 3 để thu được phương trình đường thẳng mép bao gồm:

giả sử phương trình đường thẳng mép trên cần được giải là $y=kx+b$, tập hợp điểm của các điểm mép trên thu được sau khi các điểm bất thường được loại bỏ là PointsSet_Up_New, X biểu thị PointsSet_Up_New.x, Y biểu thị PointsSet_Up_New.y, và n là số lượng điểm trong PointsSet_Up_New, thì

$$k = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2},$$

$$b = \frac{(\sum Y) - k(\sum X)}{n};$$

trong đó thu được các phương trình đường thẳng mép lần lượt đối với mép dưới, mép trái và mép phải theo cách tương tự.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó bước 5 để thu được quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi được hiệu chỉnh và điểm đã hiệu chỉnh bao gồm:

thực hiện dịch chuyển X và dịch chuyển Y trên một điểm trong ảnh gốc trong không gian biến đổi song tuyến tính để thu được điểm tương ứng trong ảnh đã hiệu chỉnh, trong đó giả sử thu được bốn đỉnh A, B, C và D nhờ tính toán ở bước 4, và các điểm tương ứng sau khi hiệu chỉnh độ nghiêng lần lượt là A', B', C' và D', trong đó đỉnh A là đỉnh trái trên của ảnh ban đầu, đỉnh B là đỉnh phải trên của ảnh ban đầu, đỉnh C là đỉnh trái dưới của ảnh ban đầu, và đỉnh D là đỉnh phải dưới của ảnh ban đầu; đỉnh A' là đỉnh trái trên của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, đỉnh B' là đỉnh phải trên của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, đỉnh C' là đỉnh trái dưới của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, và đỉnh D' là đỉnh phải dưới của ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng, và trong đó bước tính toán quan hệ tương ứng giữa điểm X'(x', y') trong ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng và điểm tương ứng X(x, y) trong ảnh gốc tương ứng với ảnh đã hiệu chỉnh nghiêng bao gồm:

5.1, tính toán dịch chuyển theo hướng y:

trong đó dịch chuyển của điểm X' trong ảnh đã hiệu chỉnh theo hướng y là y', tương tự, từng điểm E' và điểm F' cũng có dịch chuyển y' theo hướng y, và điểm X', điểm E' và điểm F' tương ứng với điểm X, điểm E và điểm F trong ảnh gốc;

các tọa độ của điểm E:

trong đó dịch chuyển của điểm E' theo hướng y, nghĩa là, dịch chuyển của điểm E' trên đường thẳng A'C', tương ứng với chuyển động của điểm E trên đường thẳng AC trong ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng, tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm E' trên đường thẳng A'C';

$$x_E = x_A + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \cdot (x_C - x_A)$$

$$y_E = y_A + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \cdot (y_C - y_A)$$

để thu được công thức 1:

$$x_E = x_A + \frac{y'}{Height} \bullet (x_C - x_A)$$

$$y_E = y_A + \frac{y'}{Height} \bullet (y_C - y_A)$$

các tọa độ của điểm F:

dịch chuyển của điểm F' theo hướng y, nghĩa là, dịch chuyển của điểm F' trên đường thẳng B'D', tương ứng với chuyển động của điểm F trên đường thẳng BD trong ảnh trước khi hiệu chỉnh độ nghiêng, tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm F' trên đường thẳng B'D',

$$x_F = x_B + \frac{y_{F'} - y_{B'}}{y_{D'} - y_{B'}} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y_{F'} - y_{B'}}{y_{D'} - y_{B'}} \bullet (y_D - y_B)$$

ảnh đã hiệu chỉnh có dạng hình tứ giác,

$$y_{D'} = y_{C'}, y_{B'} = y_{A'}, y_{F'} = y_{E'}$$

do đó,

$$x_F = x_B + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y_{E'} - y_{A'}}{y_{C'} - y_{A'}} \bullet (y_D - y_B)$$

để thu được công thức 2:

$$x_F = x_B + \frac{y'}{Height} \bullet (x_D - x_B)$$

$$y_F = y_B + \frac{y'}{Height} \bullet (y_D - y_B)$$

5.2, dịch chuyển theo hướng x:

trong đó dịch chuyển của điểm X' trong ảnh đã hiệu chỉnh theo hướng x là x', và chuyển động của điểm X' theo hướng x, nghĩa là, chuyển động của điểm X' trên đường thẳng E'F', tỉ lệ thuận với chuyển động của điểm X trên đường thẳng EF,

các tọa độ của điểm X thu được dựa trên các tọa độ của điểm E và các tọa độ của điểm F:

$$x_X = x_E + \frac{x_{X'} - x_{E'}}{x_{B'} - x_{A'}} \bullet (x_F - x_E)$$

$$y_X = y_E + \frac{x_{X'} - x_{E'}}{x_{B'} - x_{A'}} \bullet (y_F - y_E)$$

để thu được công thức 3:

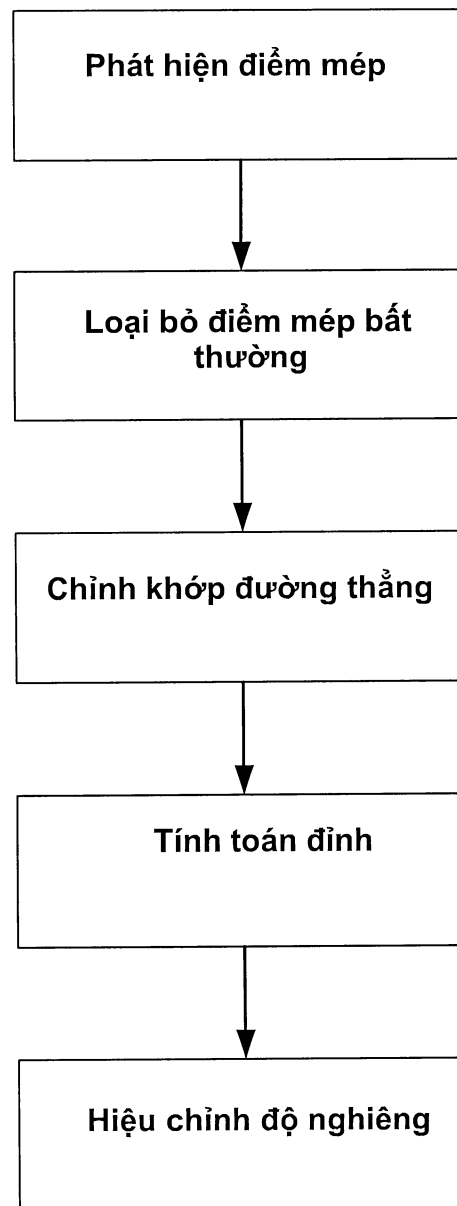
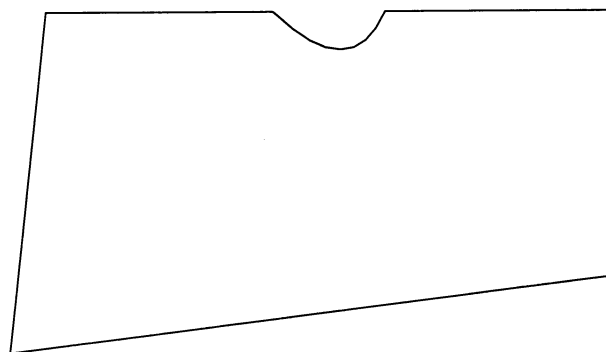
$$x_X = x_E + \frac{x'}{Width} \bullet (x_F - x_E)$$

$$y_X = y_E + \frac{x'}{Width} \bullet (y_F - y_E)$$

thu được quan hệ tương ứng giữa một điểm (x', y') bất kỳ trong ảnh đã hiệu chỉnh và điểm (x, y) trong ảnh gốc tương ứng theo [công thức 1], [công thức 2] và [công thức 3].

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó ở bước 5 để thu được quan hệ tương ứng giữa điểm trước khi được hiệu chỉnh và điểm đã hiệu chỉnh, thu được ảnh đã hiệu chỉnh của toàn bộ ảnh của tờ tiền nếu giá trị của x' dịch chuyển từ 0 tới Width-1 và giá trị của y' dịch chuyển từ 0 tới Height-1, và thu được ảnh đã hiệu chỉnh của một phần vùng quan tâm trên tờ tiền nếu giá trị của x' chỉ được lấy từ một phần của các giá trị trong khoảng [0, Width] và/hoặc giá trị của y' chỉ được lấy từ một phần của các giá trị trong khoảng [0, Height].

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 tới 5, trong đó thuật toán nội suy thang độ xám ở bước 5 là nội suy lân cận gần nhất, nội suy song tuyến tính hoặc nội suy bậc cao.

**Fig.1****Fig.2**

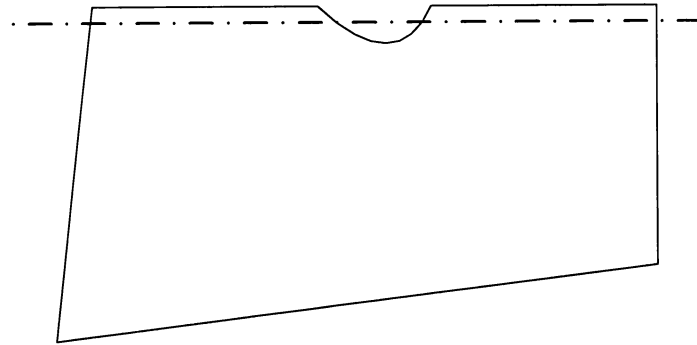


Fig.3

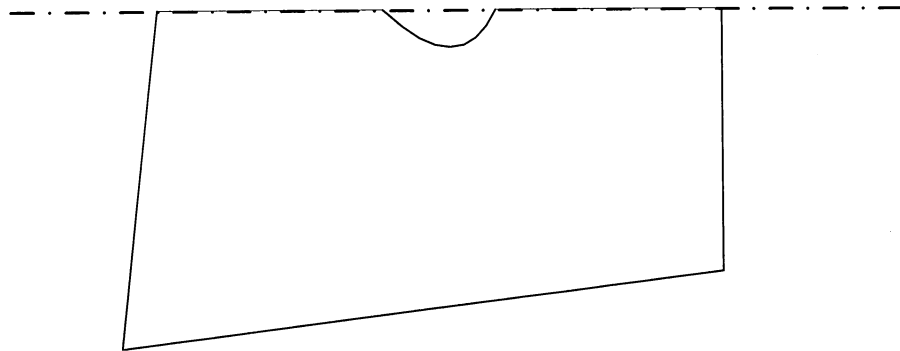


Fig.4

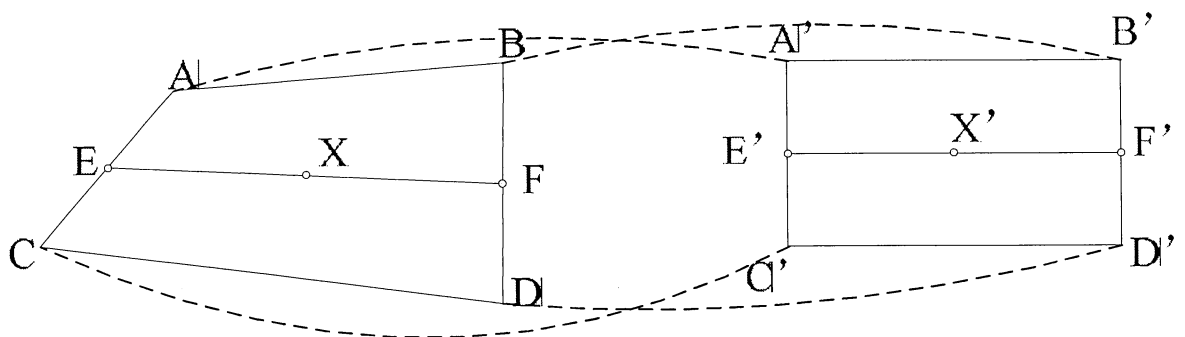


Fig.5