(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11) **2-0003195**

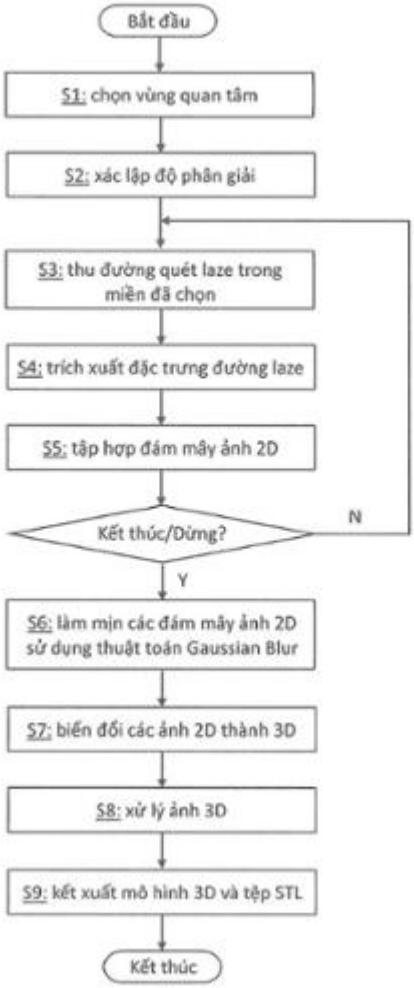
(51) **G06T 17/00**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00248 (22) 03/06/2021
(67) 1-2021-03270
(45) 25/07/2023 424 (43) 26/07/2021 400
(73) Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh (VN)
244 Điện Biên Phủ, Phường Võ Thị Sáu, Quận 3, Thành Phố Hồ Chí Minh
(72) Trần Viết Thắng (VN); Nguyễn Hữu Cường (VN); Phạm Quốc Phương (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP LÀM NHẴN MỊN BỀ MẶT TRONG TÁI DỰNG MÔ HÌNH 3D

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D bao gồm các bước: quét ảnh 3D của mẫu vật cần tái dựng mô hình 3D sử dụng máy quét laze 3D để thu được các đám mây điểm ảnh 2D; loại bỏ những điểm bất thường về độ chênh lệch trong các đám mây điểm ảnh 2D nêu trên để thu được các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nhờ áp dụng thuật toán Gaussian Blur; biến đổi các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nêu trên thành ảnh 3D để thu được mô hình 3D của mẫu vật; và tạo ra tệp tin 3D và hiển thị mô hình 3D của mẫu vật trên màn hiển thị cho người dùng.


Bắt đầu
S1: chọn vùng quan tâm
S2: xác lập độ phân giải
S3: thu đường quét laze trong miền đã chọn
S4: trích xuất đặc trưng đường laze
S5: tập hợp đám mây ảnh 2D
Kết thúc/Dừng?
N
Y
S6: làm mịn các đám mây ảnh 2D sử dụng thuật toán Gaussian Blur
S7: biến đổi các ảnh 2D thành 3D
S8: xử lý ảnh 3D
S9: kết xuất mô hình 3D và tệp STL
Kết thúc

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D, cụ thể hơn là đến phương pháp làm mịn nhanh mô hình sản phẩm (mẫu vật) quét 3D bằng thuật toán xử lý dữ liệu 2D.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Như đã biết, việc tạo ra các mô hình 3D hoặc tái lập các mô hình 3D của mẫu vật đang được quan tâm. Việc tái lập các mô hình 3D thông qua các máy quét laze đang được sử dụng khá rộng rãi. Máy quét laze 3D hoạt động bằng cách chiếu một điểm hoặc đường thẳng laze lên một vật thể để tạo đường ánh sáng di chuyển trên bề mặt được quét. Các đường sáng này được chụp bằng camera CCD với các khung hình được gửi tới máy tính xử lý. Trong quá trình thu thập dữ liệu, hình ảnh từ camera được chuyển đổi thành dữ liệu đám mây điểm (PCD - Point Cloud Data), bao gồm các điểm được quét ở dạng 2D (dưới đây có thể được gọi là đám mây điểm 2D). Từ các đám mây điểm 2D này, máy tính sẽ dựng ảnh 3D theo một quy trình thông thường đã biết, chẳng hạn như thông qua các bước thực hiện phép trừ, lọc các đám mây điểm thành phần, kết nối chúng vào làm một; so sánh đám mây điểm với mô hình CAD của vật rắn dự kiến; tạo lưới đa giác và thay thế lưới đa giác bằng các đường cong và mặt trơn tru (NURBS). Mặc dù lưới tam giác với mật độ phù hợp trông vẻ ngoài mượt mà, mô hình vẫn được tạo ra bởi các mặt tam giác không "khép kín" và kết nối tiếp tuyến. Nhiều trường hợp, cần gia công mặt cong trơn tru trong thực tế, tuy nhiên các mặt tam giác không "khép kín" trên mô hình 3D tương ứng lại tạo ra bề mặt mấp mô khi gia công.

Theo hiểu biết của người nộp đơn, các sản phẩm quét 3D phục vụ một số mục đích, ví dụ quảng bá sản phẩm, kiểm tra sản phẩm, v.v., có thể không đòi hỏi cao về độ mịn bề mặt mô hình. Tuy nhiên, dữ liệu 3D sử dụng cho gia công đòi hỏi mô hình quét phải có chất lượng cao. Mô hình với bề mặt mấp mô dù nhỏ có

thể gây ra sự cố trong gia công. Trong việc thao tác phần mềm để tạo "Tool Path" trong CAM chẳng hạn, khi đó, Tool Path không phải là một đường cong trơn tru mà là một tập hợp các đường nối thẳng. Bề mặt gia công sẽ không được mịn, và lúc này mô hình STL (Standard Triangle Language) cần được xử lý lại các yếu tố không mịn trong mô hình NURBS.

Cũng theo hiểu biết của người nộp đơn, quá trình thay thế mô hình STL bằng các bề mặt NURBS là đã biết. Mặc dù, hình dạng của vật rắn cần tái tạo mô hình thường rất phức tạp, do đó, mô hình tạo ra không thể được che phủ bởi một bề mặt mịn màng. Tuy nhiên, mô hình tạo ra có thể được ghép lại với nhau từ các phần là các tấm/miếng được kết nối với nhau. Bề mặt STL ban đầu được chia thành các khu vực tương tự như hình dạng thực. Các vùng này, vẫn được thể hiện bởi các hình tam giác, được xen kẽ bởi các tấm NURBS với số lượng điểm kiểm soát xác định. Bề mặt NURBS được phần mềm tính toán để cung cấp phép nội suy bề mặt STL tốt nhất. Người dùng có thể chèn các tấm NURBS theo cách thủ công để sửa chữa các chi tiết nhỏ không thể thực hiện được bằng phần mềm. Để có một mô hình hoàn chỉnh thay cho sửa chữa thủ công đòi hỏi tính toán, cần sử dụng phần mềm và giải thuật phức tạp, tốn nhiều công sức. Trở ngại lớn nhất trong vấn đề tái tạo bề mặt 3D từ các đám mây điểm ảnh 2D là nhiễu, tức là những điểm thu được từ máy quét nhưng không nằm trong cùng tập hợp các điểm trên bề mặt của mô hình, hoặc thiếu một số điểm dữ liệu. Để xử lý vấn đề này, nhiều nghiên cứu đã thực hiện nhằm làm nhẵn bề mặt sau khi tái dựng, trong số đó, các thuật toán tái dựng bề mặt như Poisson, Delaunay được sử dụng khá nhiều. Ngoài ra, một số bài toán nội suy từ các đa thức mặt cong NURBS được áp dụng để tái dựng lại những điểm bị khuyết. Mặc dù hiệu quả của các thuật toán này đạt được khá cao, tuy nhiên chúng có một điểm chung là việc tính toán phức tạp do đó đòi hỏi phải mất nhiều thời gian để tái dựng bề mặt từ các đám mây điểm ảnh nhận từ máy quét khi thực hiện quét mẫu vật.

Do đó, có nhu cầu về giải pháp tái dựng mô hình 3D có hiệu quả được nâng cao, cho phép làm nhẵn mịn bề mặt của mô hình 3D được tạo lập một cách nhanh chóng và đơn giản.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D có thể khắc phục một hoặc một số các vấn đề nêu trên.

Mục đích khác của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D có thể có hiệu quả được nâng cao, cho phép làm nhẵn mịn bề mặt của mô hình 3D được tạo lập một cách nhanh chóng và đơn giản.

Để đạt được một hoặc một số các mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D, phương pháp này bao gồm các bước:

quét ảnh 3D của mẫu vật cần tái dựng mô hình 3D để thu được các đám mây điểm ảnh 2D;

loại bỏ những điểm bất thường về độ chênh lệch trong các đám mây điểm ảnh 2D nêu trên để thu được các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nhờ áp dụng thuật toán Gaussian Blur;

biến đổi các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nêu trên thành ảnh 3D để thu được mô hình 3D của mẫu vật;

trong đó:

việc quét ảnh 3D được thực hiện với các góc θ khác nhau nhờ quay mẫu vật xung quanh đường trục quay thẳng đứng, và tại mỗi góc θ xác định một mặt phẳng quét là mặt phẳng đi qua đường trục quay thẳng đứng và vuông góc với hướng chụp ảnh, tại mỗi mặt phẳng quét sẽ thu được các điểm ảnh riêng rẽ thuộc biên dạng bên ngoài của mẫu vật được quét, biên dạng bên ngoài của mẫu vật này

có dạng ảnh 2D trên mặt phẳng quét tương ứng và các điểm ảnh riêng rẽ thuộc biên dạng bên ngoài của mẫu vật được quét ở tất cả các mặt phẳng quét sẽ tạo thành các đám mây điểm ảnh 2D;

mỗi điểm trong số các điểm của đám mây điểm ảnh 2D có toạ độ X_L, Y_L, và tương ứng với một góc θ,

các toạ độ X_L, Y_L, và các góc θ tương ứng được sử dụng để tạo ra một mảng hai chiều có mỗi ô trong mảng hai chiều này tương ứng với một giá trị X_L,

trong đó một chiều của mảng hai chiều bao gồm các giá trị X_L thay đổi theo các góc θ và chiều còn lại của mảng hai chiều bao gồm các giá trị X_L thay đổi theo các giá trị Y_L;

thuật toán Gaussian Blur được áp dụng theo cách nhân tích chập lần lượt nhóm các điểm có các giá trị X_L gần nhau thuộc mảng hai chiều nêu trên với một nhân Gaussian để hiệu chỉnh những điểm bất thường về độ chênh lệch của các giá trị X_L tương ứng theo các giá trị X_L của các điểm ảnh xung quanh.

Tốt hơn là, mảng hai chiều được xác định như sau:

	θ_1	θ_2	θ_3	⋯	θ_{n-2}	θ_{n-1}	θ_n
y_0	$x_0(\theta_1)$	$x_0(\theta_2)$	$x_0(\theta_3)$	⋯	$x_0(\theta_{n-2})$	$x_0(\theta_{n-1})$	$x_0(\theta_n)$
y_1	$x_1(\theta_1)$	$x_1(\theta_2)$	$x_1(\theta_3)$	⋯	$x_1(\theta_{n-2})$	$x_1(\theta_{n-1})$	$x_1(\theta_n)$
y_2	$x_2(\theta_1)$	$x_2(\theta_2)$	$x_2(\theta_3)$	⋯	$x_2(\theta_{n-2})$	$x_2(\theta_{n-1})$	$x_2(\theta_n)$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
y_{m-2}	$x_{m-2}(\theta_1)$	$x_{m-2}(\theta_2)$	$x_{m-2}(\theta_3)$	⋯	$x_{m-2}(\theta_{n-2})$	$x_{m-2}(\theta_{n-1})$	$x_{m-2}(\theta_n)$
y_{m-1}	$x_{m-1}(\theta_1)$	$x_{m-1}(\theta_2)$	$x_{m-1}(\theta_3)$	⋯	$x_{m-1}(\theta_{n-2})$	$x_{m-1}(\theta_{n-1})$	$x_{m-1}(\theta_n)$
y_m	$x_m(\theta_1)$	$x_m(\theta_2)$	$x_m(\theta_3)$	⋯	$x_m(\theta_{n-2})$	$x_m(\theta_{n-1})$	$x_m(\theta_n)$

Theo một phương án, việc biến đổi các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nêu trên thành ảnh 3D nhờ biến đổi các giá trị toạ độ hai chiều X_L, Y_L của các điểm ảnh 2D được làm mịn thành các giá trị toạ độ ba chiều sử dụng giá trị góc θ tương ứng, theo công thức sau:

$$\begin{cases} X_R = X_L.cos\theta \\ Y_R = X_L.sin\theta \\ Z_R = Y_L \end{cases}$$

để thu được tập các điểm ảnh 3D và dựa vào tập các điểm ảnh 3D này để tái dựng mô hình 3D của mẫu vật.

Tốt hơn là, phương pháp nêu trên còn bao gồm bước tạo ra tệp tin 3D và hiển thị mô hình 3D của mẫu vật trên màn hiển thị cho người dùng.

Tốt hơn là, phương pháp nêu trên còn bao gồm bước loại bỏ nhiễu là các điểm ảnh không thuộc vùng quét được quan tâm, các điểm ảnh nằm ngoài mẫu vật, hoặc các điểm ảnh tương tự.

Theo một phương án, việc quét ảnh 3D của mẫu vật cần tái dựng mô hình 3D nhờ sử dụng máy quét laze 3D.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là lưu đồ thể hiện phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích;

Hình 2 là hình vẽ thể hiện các đặc trưng hình học trong việc thu nhận các điểm ảnh 2D của mẫu vật được quét theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích;

Hình 3 là hình vẽ minh hoạ nhân Gaussian để hiệu chỉnh các điểm ảnh theo cách cửa sổ trượt theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích;

Hình 4 là các ảnh chụp minh hoạ biên dạng bên ngoài của mẫu vật tương ứng với một góc θ cụ thể trong quá trình quét ảnh mẫu vật;

Hình 5 là các ảnh chụp minh hoạ kết quả làm mịn thu được bởi phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Dưới đây, các ưu điểm, hiệu quả và bản chất của giải pháp hữu ích có thể được hiểu rõ hơn thông qua việc mô tả chi tiết các phương án ưu tiên thực hiện có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các phương án này chỉ được mô tả với mục đích làm ví dụ giúp cho việc hiểu rõ hơn về bản chất và các ưu điểm của giải pháp hữu ích, mà không giới hạn phạm vi của giải pháp hữu ích theo các phương án được mô tả này.

Hình 1 là lưu đồ thể hiện phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích.

Như được thể hiện trên Hình 1, sau khi bắt đầu phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo phương án này sẽ được thực hiện thông qua các bước từ S1 đến S9. Bước S1 là bước chọn vùng quan tâm, bước S2 là bước xác lập độ phân giải, bước S3 là bước thu đường quét laze trong miền đã chọn, bước S4 là bước trích xuất đặc trưng đường laze, bước S5 là bước tập hợp đám mây điểm ảnh 2D, bước S6 là bước làm mịn các đám mây ảnh 2D sử dụng thuật toán Gaussian Blur, bước S7 là bước biến đổi các ảnh 2D thành 3D, bước S8 là bước xử lý ảnh 3D, và bước S8 là bước kết xuất mô hình 3D và tệp STL.

Như cũng được thể hiện trên hình vẽ, sau bước S5 để tập hợp đám mây điểm ảnh 2D, quy trình sẽ cho phép thực hiện lại các bước từ S3 đến S5 nếu điều kiện Kết thúc/Dừng thể hiện trên hình vẽ là Y, điều này có thể xảy ra nếu kết quả thực hiện của các bước này tỏ ra không đáp ứng yêu cầu hoặc ảnh thu được không đảm bảo chất lượng, ví dụ mờ quá hoặc thiếu nhiều nét, chẳng hạn. Nếu điều kiện Kết thúc/Dừng thể hiện trên hình vẽ là N, sẽ tiếp tục thực hiện bước S6.

Nói chung, các bước S1 đến S5, và S7 đến S9 là các bước đã biết trong các giải pháp quét và xử lý ảnh 3D thông thường, ví dụ như quét để tái dựng mô hình 3D của mẫu vật thông qua máy quét laze 3D. Do đó, việc mô tả chi tiết về các bước này được dự định lược bỏ để tập trung hơn vào việc mô tả các đặc trưng chính của giải pháp hữu ích.

Dưới đây sẽ mô tả chi tiết hơn về cách thức làm mịn các đám mây ảnh 2D sử dụng thuật toán Gaussian Blur theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích có dựa vào Hình 2 và Hình 3.

Như được thể hiện trên các hình vẽ, việc quét ảnh 3D được thực hiện với các góc θ khác nhau nhờ quay mẫu vật xung quanh đường trục quay RA thẳng đứng, và tại mỗi góc θ xác định một mặt phẳng quét P là mặt phẳng đi qua đường trục quay RA thẳng đứng và vuông góc với hướng chụp ảnh.

Thông thường, để thực hiện việc quét ảnh 3D, mẫu vật cần được quét sẽ được đặt trên cơ cấu quay và được quay từ từ để thu được ảnh toàn bộ các biên dạng bên ngoài S của mẫu vật. Ở vị trí được đặt trên cơ cấu quay, mẫu vật được chiếu chùm laze và có thiết bị thu nhận hình ảnh để chụp ảnh mẫu vật khi có chùm laze chiếu vào (xem Hình 4(a) thể hiện vệt laze tương ứng với biên dạng bên ngoài S của mẫu vật tại góc θ xác định), để thu được ảnh 2D biểu diễn biên dạng bên ngoài S của mẫu vật được quét.

Tại mỗi mặt phẳng quét P sẽ thu được các điểm ảnh riêng rẽ thuộc biên dạng bên ngoài S của mẫu vật được quét, biên dạng bên ngoài S của mẫu vật này có dạng ảnh 2D trên mặt phẳng quét tương ứng và các điểm ảnh riêng rẽ thuộc biên dạng bên ngoài S của mẫu vật được quét ở tất cả các mặt phẳng quét sẽ tạo thành các đám mây điểm ảnh 2D. Mỗi điểm trong số các điểm của đám mây điểm ảnh 2D có toạ độ X_L, Y_L, và tương ứng với một góc θ, các toạ độ X_L, Y_L, và các góc θ tương ứng được sử dụng để tạo ra một mảng hai chiều có mỗi ô trong mảng hai chiều này tương ứng với một giá trị X_L, trong đó một chiều của mảng hai chiều bao gồm các giá trị X_L thay đổi theo các góc θ và chiều còn lại của mảng hai chiều bao gồm các giá trị X_L thay đổi theo các giá trị Y_L.

Theo một phương án cụ thể, mảng hai chiều được xác định như sau:

	θ_1	θ_2	θ_3	⋯	θ_{n-2}	θ_{n-1}	θ_n
y_0	$x_0(\theta_1)$	$x_0(\theta_2)$	$x_0(\theta_3)$	⋯	$x_0(\theta_{n-2})$	$x_0(\theta_{n-1})$	$x_0(\theta_n)$

y_1	$x_1(\theta_1)$	$x_1(\theta_2)$	$x_1(\theta_3)$	⋯	$x_1(\theta_{n-2})$	$x_1(\theta_{n-1})$	$x_1(\theta_n)$
y_2	$x_2(\theta_1)$	$x_2(\theta_2)$	$x_2(\theta_3)$	⋯	$x_2(\theta_{n-2})$	$x_2(\theta_{n-1})$	$x_2(\theta_n)$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
y_{m-2}	$x_{m-2}(\theta_1)$	$x_{m-2}(\theta_2)$	$x_{m-2}(\theta_3)$	⋯	$x_{m-2}(\theta_{n-2})$	$x_{m-2}(\theta_{n-1})$	$x_{m-2}(\theta_n)$
y_{m-1}	$x_{m-1}(\theta_1)$	$x_{m-1}(\theta_2)$	$x_{m-1}(\theta_3)$	⋯	$x_{m-1}(\theta_{n-2})$	$x_{m-1}(\theta_{n-1})$	$x_{m-1}(\theta_n)$
y_m	$x_m(\theta_1)$	$x_m(\theta_2)$	$x_m(\theta_3)$	⋯	$x_m(\theta_{n-2})$	$x_m(\theta_{n-1})$	$x_m(\theta_n)$

Như có thể thấy, mỗi cột của mảng hai chiều nêu trên chứa dữ liệu tọa độ x của các điểm nằm trên vệt laze được trích xuất từ một ảnh laze (tương ứng với một góc thu θ), và mỗi hàng tương ứng với tọa độ y của một dòng trên ảnh laze. Các giá trị x sẽ khác nhau tương ứng với độ cong của vệt laze, khi nhiễu xuất hiện sẽ làm xuất hiện các giá trị x bất thường trong mảng so với các giá trị x ở các phần tử lân cận cả đối với ở các hàng và ở các cột.

Thuật toán Gaussian Blur được áp dụng theo cách nhân tích chập lần lượt nhóm các điểm có các giá trị X_L gần nhau thuộc mảng hai chiều nêu trên với một nhân Gaussian để hiệu chỉnh những điểm bất thường về độ chênh lệch của các giá trị X_L tương ứng theo các giá trị XL của các điểm ảnh xung quanh.

Nói chung, việc ứng dụng thuật toán Gaussian Blur trong xử lý ảnh là đã biết, việc mô tả về thuật toán này được dự định lược bỏ để tránh các thông tin dưa thừa. Dưới đây, chỉ các nét cơ bản nhất về việc ứng dụng thuật toán Gaussian Blur sẽ được thể hiện.

Nhân Gaussian được định nghĩa:

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}$$

trong đó: G là mặt nạ Gaussian tại vị trí có tọa độ (x, y), σ là hệ số độ lệch chuẩn Gaussian, nếu giá trị của σ càng lớn, hiệu ứng làm mịn càng cao.

Quá trình làm mịn này được thực hiện bằng cách nhân chập mảng dữ liệu các đám mây điểm ảnh 2D ban đầu I(x, y) có kích thước h x w với một nhân Gaussian G(x, y) bằng công thức sau:

$$f(x,y) = \sum_{i=0}^{h-1} \sum_{j=0}^{w-1} G(i,j)I(x-i, y-j)$$

Theo một phương án ưu tiên, việc hiệu chỉnh được thực hiện bằng cách trượt nhân Gaussian và nhân tích chập nó với một vùng các phần tử trên mảng hai chiều mà nhân Gaussian này được trượt qua. Như được thể hiện trên Hình 3, nhân Gaussian được sử dụng có kích thước 3 x 3 bao gồm k_0, k_1, k_2 được bố trí vào ma trận có kích thước 3 x 3 như được thể hiện trên hình vẽ. Dữ liệu ảnh 2D gốc là các giá trị từ X_1 đến X_9 là nhóm các điểm ảnh ở vị trí mà nhân Gaussian trượt qua, và dữ liệu ảnh mới F thu được sau phép nhân tích chập giữa các giá trị X gốc với nhân Gaussian theo công thức sau:

$$F = X_1.k_1 + X_2.k_2 + X_3.k_1 + X_4.k_2 + X_5.k_0 + X_6.k_2 + X_7.k_1 + X_8.k_2 + X_9.k_1$$

Theo phương án được mô tả trên đây, các giá trị toạ độ X_L được hiệu chỉnh. Tuy nhiên giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở đó, mà theo phương án thay thế, các giá trị toạ độ Y_L có thể được hiệu chỉnh theo cách tương tự, hoặc cả các giá trị toạ độ X_L, Y_L đều được hiệu chỉnh.

Theo một phương án ưu tiên, việc biến đổi các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nêu trên thành ảnh 3D nhờ biến đổi các giá trị toạ độ hai chiều X_L, Y_L của các điểm ảnh 2D được làm mịn thành các giá trị toạ độ ba chiều sử dụng giá trị góc θ tương ứng, theo công thức sau:

$$\begin{cases} X_R = X_L.cos\theta \\ Y_R = X_L.sin\theta \\ Z_R = Y_L \end{cases}$$

để thu được tập các điểm ảnh 3D và dựa vào tập các điểm ảnh 3D này để tái dựng mô hình 3D của mẫu vật.

Cần hiểu rằng, giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở đó, mà các phương pháp biến đổi tập điểm ảnh 2D thành 3D bất kỳ đã biết đều có thể được áp dụng.

Ưu tiên là, phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo giải pháp hữu ích còn bao gồm bước tạo ra tệp tin 3D và hiển thị mô hình 3D của mẫu vật trên màn hiển thị cho người dùng.

Ngoài ra, việc loại bỏ nhiễu là các điểm ảnh không thuộc vùng quét được quan tâm, các điểm ảnh nằm ngoài mẫu vật, hoặc các điểm ảnh tương tự.

Trên Hình 4 thể hiện các ảnh chụp minh hoạ biên dạng bên ngoài của mẫu vật tương ứng với một góc θ cụ thể trong quá trình quét ảnh mẫu vật, trong đó (a) minh hoạ camera chụp ảnh đường laze trên bề mặt mẫu vật; (b) chọn vùng ảnh cần trích xuất để loại bỏ một phần nhiễu xung quanh; và (c) trích xuất trọng tâm vệt laze để thu được các điểm ảnh tương ứng trên đường biên dạng bên ngoài của mẫu vật.

Trên Hình 5 thể hiện các ảnh chụp minh hoạ kết quả làm mịn thu được bởi phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo giải pháp hữu ích, trong đó (a) bề mặt tái dựng chưa được làm mịn, các điểm ảnh có sự nhấp nhô về độ sâu; và (b) bề mặt tái dựng sau khi áp dụng phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D theo giải pháp hữu ích, độ nhấp nhô đã được loại bỏ đáng kể.

Trên đây, giải pháp hữu ích đã được mô tả chi tiết theo các phương án ưu tiên thực hiện, và có thể kèm theo các phương án thay thế hoặc tương đương hoặc các ví dụ cụ thể, sử dụng các mô tả và thuật ngữ phù hợp để người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này có thể hiểu và thực hiện được giải pháp theo giải pháp hữu ích. Vì vậy, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể dễ dàng tạo ra các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương dựa vào các nội dung và phương án được mô tả. Do đó, các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương này được coi là không nằm ngoài phạm vi của giải pháp hữu ích, và phạm vi bảo hộ của giải pháp hữu ích hiển nhiên là không bị giới hạn

bởi các nội dung và phương án được mô tả mà được xác định trong yêu cầu bảo hộ dưới đây.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp làm nhẵn mịn bề mặt trong tái dựng mô hình 3D, phương pháp này bao gồm các bước:

quét ảnh 3D của mẫu vật cần tái dựng mô hình 3D để thu được các đám mây điểm ảnh 2D;

loại bỏ những điểm bất thường về độ chênh lệch trong các đám mây điểm ảnh 2D nêu trên để thu được các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nhờ áp dụng thuật toán Gaussian Blur;

biến đổi các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nêu trên thành ảnh 3D để thu được mô hình 3D của mẫu vật;

trong đó:

việc quét ảnh 3D được thực hiện với các góc θ khác nhau nhờ quay mẫu vật xung quanh đường trục quay thẳng đứng, và tại mỗi góc θ xác định một mặt phẳng quét là mặt phẳng đi qua đường trục quay thẳng đứng và vuông góc với hướng chụp ảnh, tại mỗi mặt phẳng quét sẽ thu được các điểm ảnh riêng rẽ thuộc biên dạng bên ngoài của mẫu vật được quét, biên dạng bên ngoài của mẫu vật này có dạng ảnh 2D trên mặt phẳng quét tương ứng và các điểm ảnh riêng rẽ thuộc biên dạng bên ngoài của mẫu vật được quét ở tất cả các mặt phẳng quét sẽ tạo thành các đám mây điểm ảnh 2D;

mỗi điểm trong số các điểm của đám mây điểm ảnh 2D có toạ độ X_L, Y_L, và tương ứng với một góc θ,

các toạ độ X_L, Y_L, và các góc θ tương ứng được sử dụng để tạo ra một mảng hai chiều có mỗi ô trong mảng hai chiều này tương ứng với một giá trị X_L,

trong đó một chiều của mảng hai chiều bao gồm các giá trị X_L thay đổi theo các góc θ và chiều còn lại của mảng hai chiều bao gồm các giá trị X_L thay đổi theo các giá trị Y_L;

thuật toán Gaussian Blur được áp dụng theo cách nhân tích chập lần lượt nhóm các điểm có các giá trị X_L gần nhau thuộc mảng hai chiều nêu trên với một nhân Gaussian để hiệu chỉnh những điểm bất thường về độ chênh lệch của các giá trị X_L tương ứng theo các giá trị X_L của các điểm ảnh xung quanh.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mảng hai chiều được xác định như sau:

	θ_1	θ_2	θ_3	⋯	θ_{n-2}	θ_{n-1}	θ_n
y_0	$x_0(\theta_1)$	$x_0(\theta_2)$	$x_0(\theta_3)$	⋯	$x_0(\theta_{n-2})$	$x_0(\theta_{n-1})$	$x_0(\theta_n)$
y_1	$x_1(\theta_1)$	$x_1(\theta_2)$	$x_1(\theta_3)$	⋯	$x_1(\theta_{n-2})$	$x_1(\theta_{n-1})$	$x_1(\theta_n)$
y_2	$x_2(\theta_1)$	$x_2(\theta_2)$	$x_2(\theta_3)$	⋯	$x_2(\theta_{n-2})$	$x_2(\theta_{n-1})$	$x_2(\theta_n)$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
y_{m-2}	$x_{m-2}(\theta_1)$	$x_{m-2}(\theta_2)$	$x_{m-2}(\theta_3)$	⋯	$x_{m-2}(\theta_{n-2})$	$x_{m-2}(\theta_{n-1})$	$x_{m-2}(\theta_n)$
y_{m-1}	$x_{m-1}(\theta_1)$	$x_{m-1}(\theta_2)$	$x_{m-1}(\theta_3)$	⋯	$x_{m-1}(\theta_{n-2})$	$x_{m-1}(\theta_{n-1})$	$x_{m-1}(\theta_n)$
y_m	$x_m(\theta_1)$	$x_m(\theta_2)$	$x_m(\theta_3)$	⋯	$x_m(\theta_{n-2})$	$x_m(\theta_{n-1})$	$x_m(\theta_n)$

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó việc biến đổi các đám mây điểm ảnh 2D được làm mịn nêu trên thành ảnh 3D nhờ biến đổi các giá trị toạ độ hai chiều X_L, Y_L của các điểm ảnh 2D được làm mịn thành các giá trị toạ độ ba chiều sử dụng giá trị góc θ tương ứng, theo công thức sau:

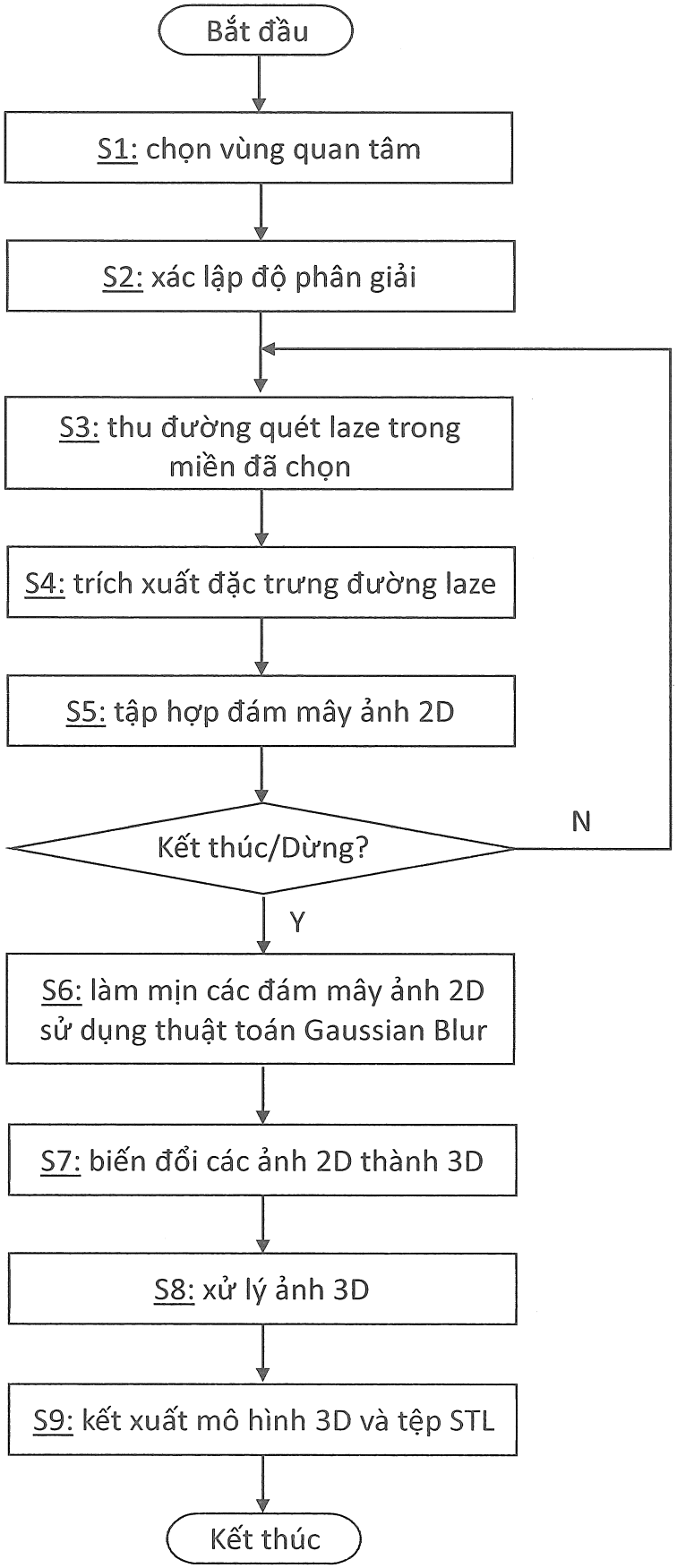
$$\begin{cases} X_R = X_L.cos\theta \\ Y_R = X_L.sin\theta \\ Z_R = Y_L \end{cases}$$

để thu được tập các điểm ảnh 3D và dựa vào tập các điểm ảnh 3D này để tái dựng mô hình 3D của mẫu vật.

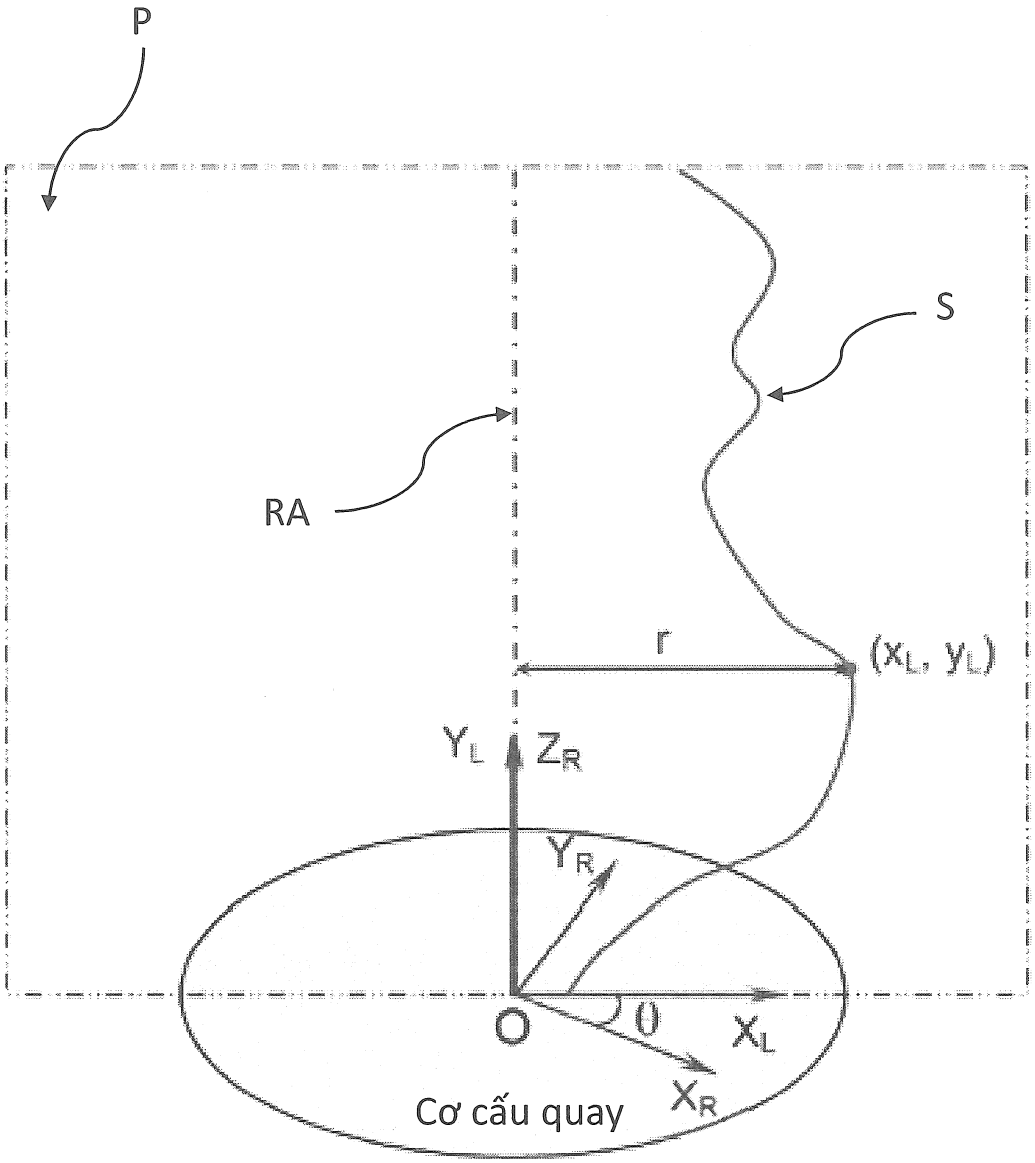
4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tạo ra tệp tin 3D và hiển thị mô hình 3D của mẫu vật trên màn hiển thị cho người dùng.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước loại bỏ nhiễu là các điểm ảnh không thuộc vùng quét được quan tâm, các điểm ảnh nằm ngoài mẫu vật, hoặc các điểm ảnh tương tự.

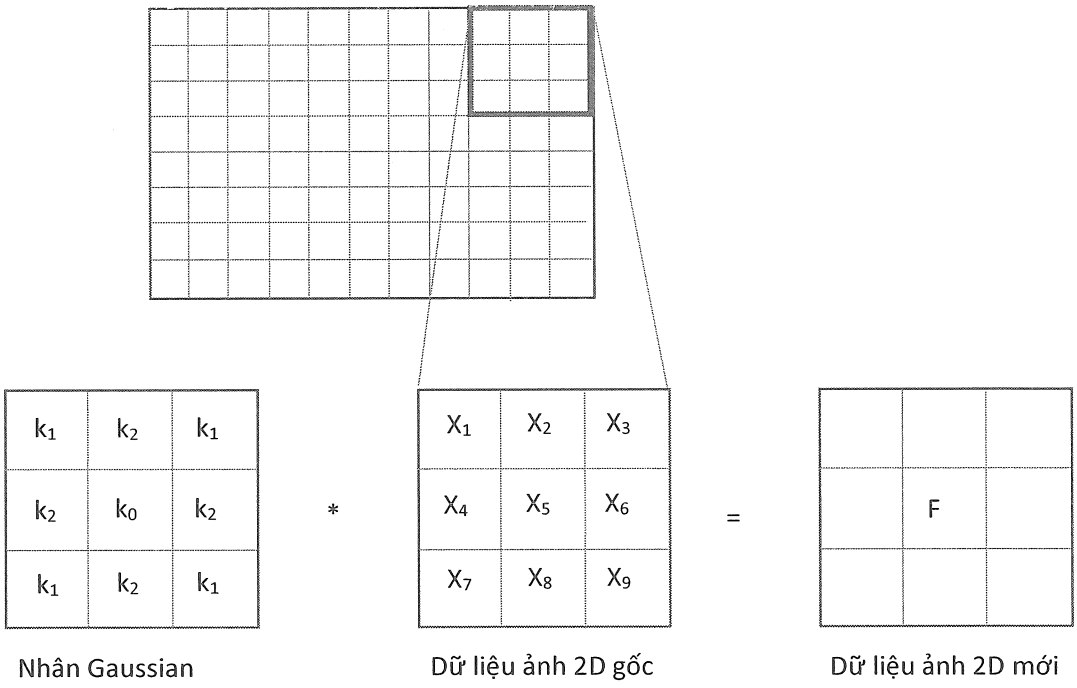
6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó việc quét ảnh 3D của mẫu vật cần tái dựng mô hình 3D nhờ sử dụng máy quét laze 3D.


Bắt đầu
S1: chọn vùng quan tâm
S2: xác lập độ phân giải
S3: thu đường quét laze trong miền đã chọn
S4: trích xuất đặc trưng đường laze
S5: tập hợp đám mây ảnh 2D
Kết thúc/Dừng?
N
Y
S6: làm mịn các đám mây ảnh 2D sử dụng thuật toán Gaussian Blur
S7: biến đổi các ảnh 2D thành 3D
S8: xử lý ảnh 3D
S9: kết xuất mô hình 3D và tệp STL
Kết thúc

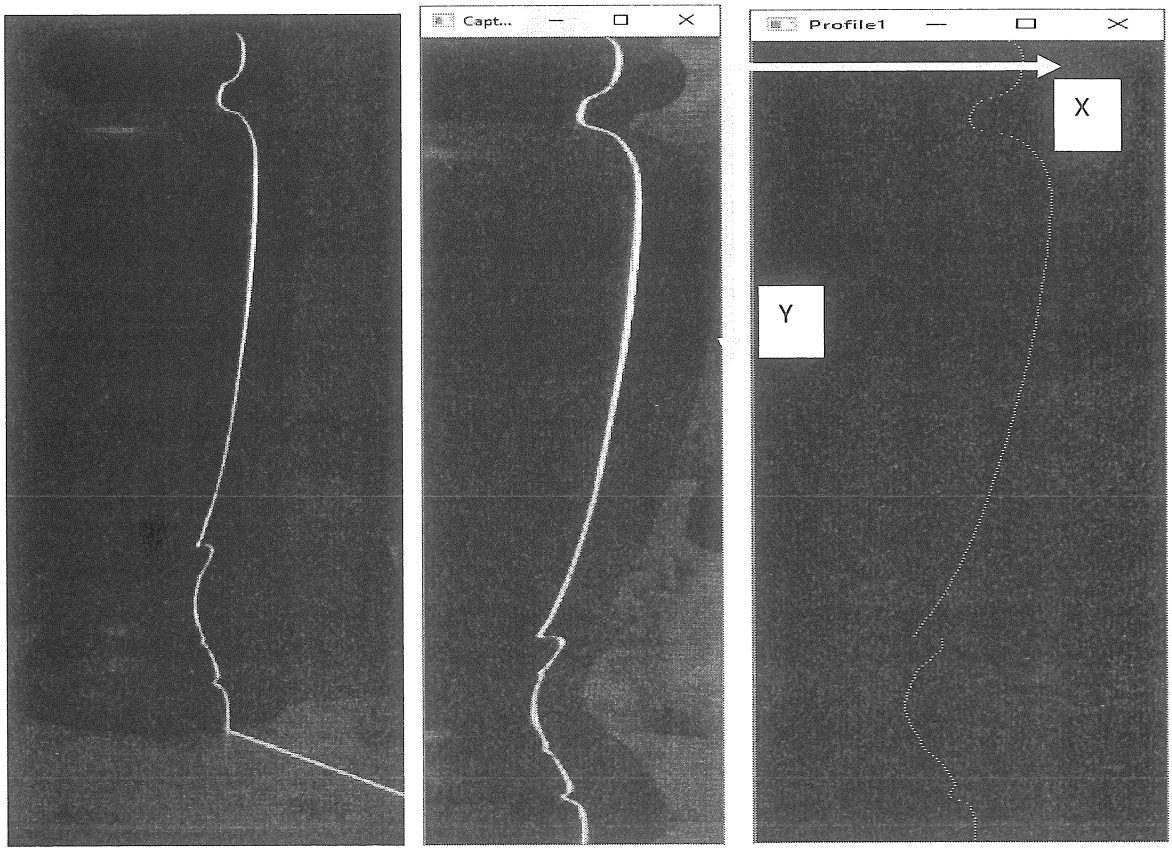
Hình 1



Hình 2

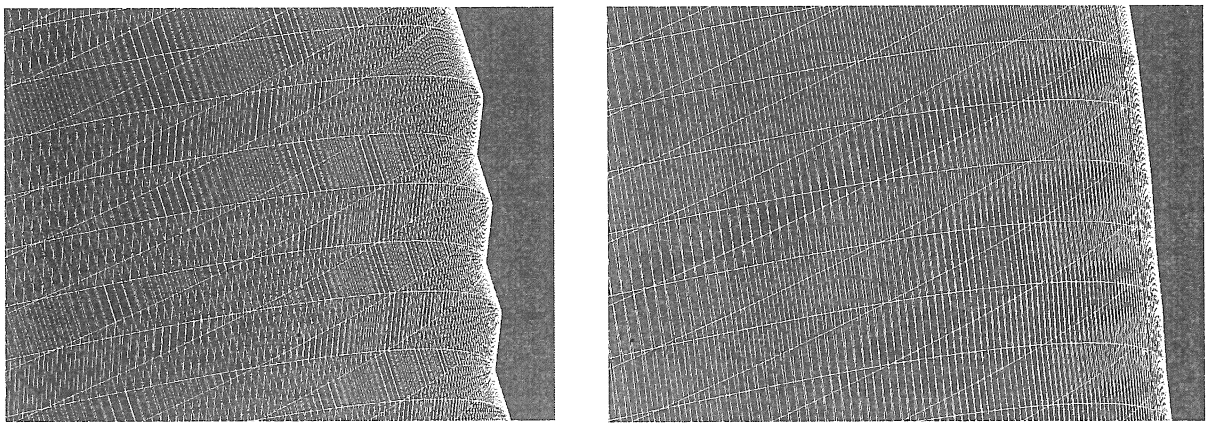

k1 k2 k1
k2 k0 k2
k1 k2 k1
*
X1 X2 X3
X4 X5 X6
X7 X8 X9
=
F
Nhân Gaussian
Dữ liệu ảnh 2D gốc
Dữ liệu ảnh 2D mới

Hình 3



(a) (b) (c)

Hình 4



(a) **(b)**

Hình 5