

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG DỤNG CỤ KIỂM TRA 3D CHI TIẾT CƠ KHÍ SỬ DỤNG HỆ THỐNG QUÉT LASER ĐƯỜNG

CACULATION, DESIGN AND CREATED 3D TESTING TOOL FOR MACHINE PART USE OF GUIDE LASER SCANNING SYSTEMS

Đặng Văn Hòa

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 21/02/2017, chấp nhận đăng ngày 10/5/2017

Tóm tắt: Khoa học công nghệ phát triển đã đưa công nghệ quét 3D vào trong đo lường hiện đại với độ chính xác, năng suất, khả năng đáp ứng cao hơn rất nhiều so với các phương pháp truyền thống. Từ đó nâng cao khả năng tự động hóa quá trình sản xuất, nâng cao chất lượng sản phẩm, năng suất lao động và hạ giá thành sản phẩm. Trên thị trường hiện nay đã xuất hiện nhiều loại máy đo 3D công nghiệp gọn nhẹ về kích thước và đạt độ chính xác cao nhưng chi phí rất đắt và không phù hợp với nền công nghiệp Việt Nam hiện nay. Bài báo trình bày phương pháp thiết kế và mô hình hóa thiết bị kiểm tra kích thước chi tiết cơ khí đạt độ chính xác cao với kết cấu đơn giản và chi phí thấp.

Từ khóa: Tính toán, thiết kế, kiểm tra 3D chi tiết cơ khí, quét laser đường.

Abstract: Scientific and technological development has put 3D scanning technology into the modern measurement precision, productivity and ability to meet much higher than traditional methods. This contributes to improve the automation of the production process, increase product quality, raise labor productivity and decrease product costs. On the current market there were many industrial 3D measuring machines compact size and high accuracy, but the cost is very expensive and not suitable for industry Vietnam today. This paper presents the design methods and modeling test equipment size mechanical details of high accuracy with a simple structure and low cost.

Keywords: Caculation, design, 3D testing machine part, guide laser scanning.

1. GIỚI THIỆU

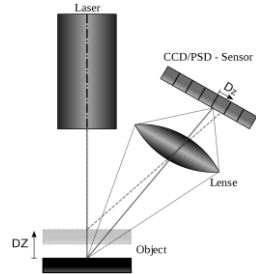
Kỹ thuật đo quang học 3D dựa trên phương pháp đo không tiếp xúc có vai trò quan trọng trong công nghiệp chế tạo, y học, sinh học... Không chỉ có vai trò trong đo lường, các dữ liệu 3D sau khi thu nhận có thể sử dụng trong các ứng dụng khác như nhận dạng khuôn mặt, nhận dạng người, xây dựng bản đồ 3D thực tế ảo... Riêng đối với lĩnh vực cơ khí chế tạo, các dữ liệu được quét từ các chi tiết cơ khí giúp các kỹ sư thiết kế nhanh chóng thiết lập bản vẽ 3D và đưa ra những

thay đổi về kỹ thuật trong quá trình tạo các mẫu thử nghiệm nhanh [1], [2]. Các phương pháp đo biên dạng bằng quét laser theo đường: đo bằng quang thông chiếu sáng, tạo xung sử dụng tia laser quét, tạo ảnh chi tiết trên đầu thu camera.

Nguyên lý đo quét bằng laser đường [1]

Cảm biến tam giác Laser chứa nguồn ánh sáng laser diode và CCD. Một chùm tia laser được chiếu vào vật thể đo và một phần của chùm tia được phản ánh trên cảm biến CCD

thông qua hệ thấu kính của camera. Khi dịch chuyển vật thể, các chùm tia laser tương ứng đi chuyển như hình 1.



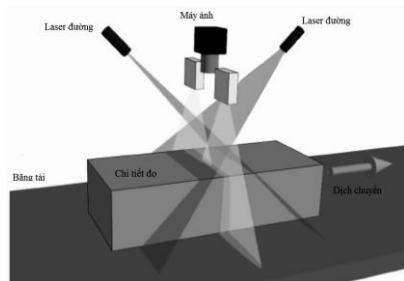
Hình 1. Nguyên lý đo quét và thu nhận ảnh 3D

Khi dòng laser quét qua vật thể thì sẽ tạo lên bề mặt vật thể một đường biên dạng giống như biên dạng bề mặt của vật thể. Ngay lập tức camera sẽ chụp lại các đường biên dạng đó một cách liên tục với tốc độ cao. Kích thước 3D của vật sẽ đi qua thấu kính sau đó được thu nhận và chuyển thành ảnh 2D trên cảm biến CCD của camera. Như trên hình vẽ chiều cao DZ của vật thể sẽ chuyển thành Dz trên CCD. [3]

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG DỤNG CỤ ĐO

2.1. Tính toán thiết kế hệ cơ khí

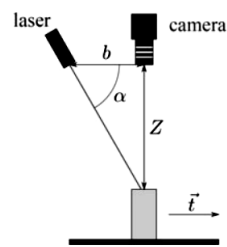
Sơ đồ nguyên lý của dụng cụ đo.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống quét laser kép

Hệ thống quét laser màu 3D được phát triển dựa trên nguyên lý đo quét laser 3D theo tam giác. Hình 2 sơ đồ bố trí hai laser diode đường, một camera thu nhận ảnh, một băng tải.

Xây dựng và mô phỏng dụng cụ đo trên phần mềm Solidwork. Dựa vào kích thước vật thể cần đo có kích 60×107×30 mm. Ta có thể cho chiều rộng băng tải 290 mm.



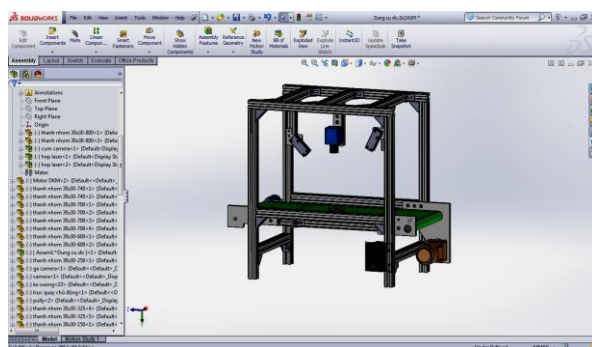
Hình 3. Tính toán khoảng cách đầu phát tới camera

Từ hình 3 ta có $b = 225 \text{ mm}$, góc $\alpha = 60^\circ$.

$$Z = \tan \alpha \cdot b = \tan 60 \cdot 225 = 390 \text{ mm}.$$

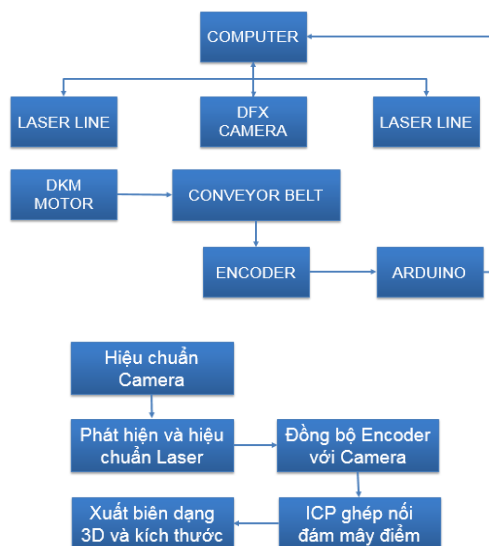
Chọn chiều cao từ băng tải lên đến camera là 430 mm và có thể dịch chuyển được \Rightarrow kích thước tổng thể của dụng cụ đo (dài × rộng × cao): 720×385×630 mm.

Khi đó với các vật thể có kích thước khác nhau, ta có thể điều chỉnh khoảng cách giữa camera, laser với vật thể một cách tương đối linh hoạt.



Hình 4. Mô phỏng dụng cụ đo

2.2. Xây dựng sơ đồ hệ thống



Hình 5. Sơ đồ hệ thống và chương trình xử lý ảnh

Camera và laser sẽ được hiệu chuẩn để có được hệ quang thống nhất với độ chính xác và sai số nhỏ nhất. Sau đó hệ thống được cấp nguồn điện, vật thể đo đặt trên băng tải và dịch chuyển tới không gian làm việc của laser và camera nhờ lực kéo động cơ truyền qua trục chủ động. Đồng thời mạch Arduino bắt đầu đếm xung từ encoder đã được gắn vào trục bị động của băng tải sẽ gửi tín hiệu tới máy tính. Tại đây, chương trình xử lý ảnh sẽ đồng bộ giữa tốc độ chụp của máy ảnh (fps) với số xung nhận được nhằm cho ta những hình ảnh tốt nhất. Ảnh thu được là tập hợp những ảnh thể hiện biên dạng bề mặt vật thể đo khi đi qua dòng laser để lại, chuyển từ tọa độ 3D của vật thành tọa độ 2D trên CCD của camera. Cuối cùng thông qua chương trình xử lý ảnh, ta sẽ xây dựng được tập hợp đám mây điểm sắp xếp trong hệ tọa độ không gian mới có đặc điểm giống với biên

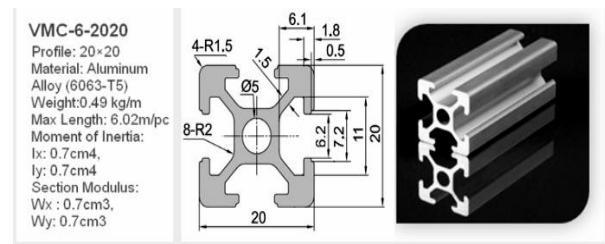
Động cơ: DKM

dạng bề mặt ngoài của vật thể đo. Từ đó ta có được kích thước 3D vật thể trong chương trình và so sánh với kích thước chuẩn cho trước của vật thể. Nếu sai số tổng thu được nằm trong khoảng cho phép thì ta sẽ biết được vật thể có đạt yêu cầu về kích thước và chất lượng bề mặt hay không. [3][4].

2.3. Xây dựng và lắp đặt dụng cụ đo

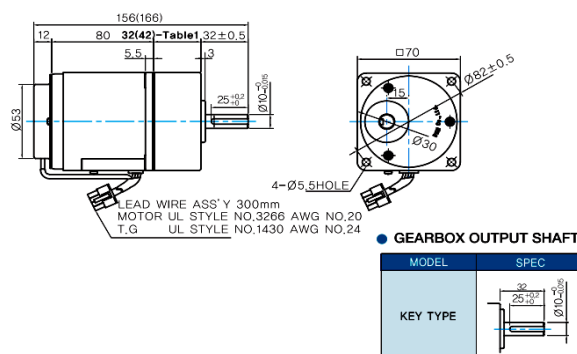
Thành phần chi tiết

Khung: Nhôm định hình 20×20



Hình 6. Thông số kỹ thuật thanh nhôm tạo khung

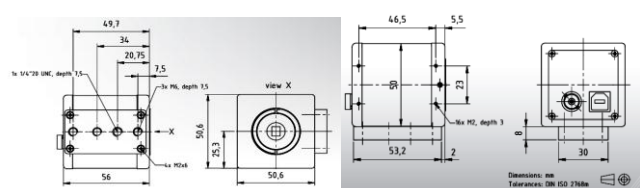
Model 7SDG□-15G: Gear Type Shaft 7SDD□-15: D-Cont Type Shaft	Output	Voltage	Frequency	Poles	Duty	Speed Range	Starting Torque		Permissible Torque			
									1200r/min		90r/min	
							W	V	Hz	r/min	kgfcm	N.m
7SDGA-15G	15	1ø110	60	4	Cont.	90-1700	0.67	0.067	1.13	0.113	0.58	0.058
7SDGD-15G	15	1ø220	60	4	Cont.	90-1700	1.00	0.100	1.18	0.118	0.63	0.063
7SDGE-15G	15	1ø220	50	4	Cont.	90-1400	0.80	0.080	1.05	0.105	0.50	0.050
		1ø240					1.00	0.100	1.25	0.125	0.60	0.060



Hình 7. Thông số kỹ thuật của động cơ

Camera: DFK 31BU03

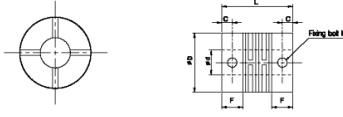
GENERAL BEHAVIOR	
Video formats @ frame rate	1,024 × 768 (0.8 MP), UYYY @ 15, 7.5, 3.75 FPS 1,024 × 768 (0.8 MP), BY8 @ 30, 15, 7.5, 3.75 FPS
Sensitivity	0.15 lx
Dynamic range	8 bit
INTERFACE (OPTICAL)	
IR cut filter	yes
Sensor specification	Sony ICX204AK
Shutter	Global
Format	1/3"
Resolution	H: 1,024 pixel, V: 768 pixel
Pixel size	H: 4.65 μm, V: 4.65 μm
Lens mount	C/CS



Hình 8. Thông số kỹ thuật của camera

Encoder

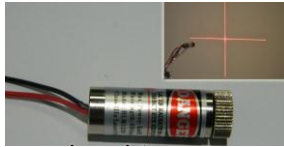
■ Mode # : RC-06 / RC-08 (Coupling)



	C	D	d	F	L	M
Ø40	3.5	19	6 ^{+0.05} ₀	7.2	25	M4×5
Ø40, Ø50	3.5	19	8 ^{+0.05} ₀	6.0	23.2	M3×5

Hình 9. Thông số kỹ thuật của encoder

Laser diode

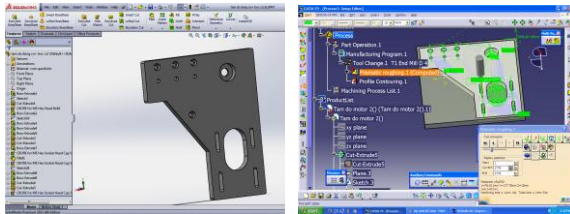


Hình 10. Laser Diode

Công suất: 5÷20 mW, Điện thế: 3÷5 V, màu: đỏ, bước sóng ánh sáng 650 nm.

Quá trình gia công và lắp ghép các chi tiết

Sử dụng phần mềm Solidwork, Catia để thiết kế và lập trình gia công trên máy CNC 3 trục.



Hình 11. Thiết kế máy và lập trình gia công

Thiết kế chi tiết và lập trình gia công chi tiết:

Sử dụng thanh nhôm định hình 20×20 mm, với các thông số theo tiêu chuẩn để tạo khung cho dụng cụ đo. Các chi tiết khác được gia công trên máy cnc bằng vật liệu nhựa POM với độ chính xác đạt được là 0,01 mm. Mỗi lắp ghép giữa ổ bi đỡ với lỗ là lắp trung gian (H7/k6), giữa trục với ổ bi đỡ là lắp lỏng (H7/h6).

2.4. Xây dựng chương trình xử lý ảnh

Hiệu chuẩn camera [5]

Các phương pháp hiệu chuẩn camera dựa trên mô hình hiệu chuẩn đặc biệt, tức là ta

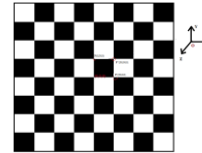
biết được kích thước và vị trí đối tượng trong một hệ tọa độ nhất định. Các đặc trưng khác (chẳng hạn như góc, đường...) được tách từ ảnh của mô hình hiệu chỉnh camera. Thông thường, các đối tượng được lựa chọn để hiệu chỉnh camera phải có các tính năng nổi bật để dễ đo vị trí. Ví dụ như dạng một bàn cờ với kích thước như sau:

- Bàn cờ 11×8 ô
- Kích thước 110×80 (mm × mm), kích thước một ô vuông 10×10 mm.

Từ đó tìm được ma trận hàm truyền: ma trận quay R và ma trận dịch chuyển t của camera.

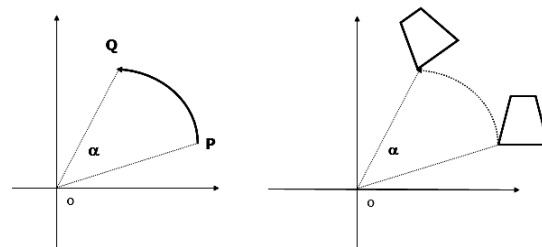
Tìm ma trận quay R

Khi quay một điểm (X,Y,Z) trong tọa độ 3D theo 3 trục khác nhau và các góc cho trước, ta sẽ nhận được một ma trận quay R (4x4).



Hình 12. Tọa độ các điểm trên bàn cờ hiệu chuẩn

Từ phương trình phép quay một điểm quanh một trục tọa độ => ma trận quay quanh một trục bất kỳ như sau:



$$\begin{cases} x' = \cos \alpha x - \sin \alpha y \\ y' = \sin \alpha x + \cos \alpha y \end{cases} \Leftrightarrow T(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Từ đó ta có các ma trận quay quanh các trục tọa độ như sau:

- Ma trận quay quanh trục X:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_0 & -\sin \theta_0 \\ 0 & \sin \theta_0 & \cos \theta_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

Trong đó:

- Ma trận quay quanh trục Y:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & 0 & -\sin \theta_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

- Ma trận quay quanh trục Z:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

Ma trận quay R là tập hợp các điểm tọa độ trong không gian 3D khi quay mỗi trục.

Từ các ma trận quay tổng quan tác giả lựa chọn 3 điểm bất kì để tính toán hiệu chỉnh camera với các điểm với ví dụ về 3 điểm bất kì: P_1, P_2, P_3 .

Tọa độ điểm P_1 quanh trục X với góc quay $\theta_x = 15^\circ$ và điểm quay $P(0,30,0)$

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.965 & -0.258 & 0 \\ 0 & 0.258 & 0.965 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 0 \\ 30 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 28.95 \\ 7.74 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Tọa độ điểm P_2 quay quanh trục Y với góc quay $\theta_y = 30^\circ$ và điểm quay $P'(30,0,0)$.

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.866 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -0.5 & 0 & 0.866 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 30 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 25.98 \\ 0 \\ -15 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Tọa độ điểm P_3 quay quanh trục Z với góc quay $\theta_z = 20^\circ$ và điểm quay $P''(30,30,0)$

$$\begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.939 & -0.342 & 0 & 0 \\ 0.342 & 0.939 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 30 \\ 30 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17.91 \\ 38.43 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Vậy ma trận quay:

$$R = \begin{bmatrix} r_{x1} & r_{x2} & r_{x3} \\ r_{y1} & r_{y2} & r_{y3} \\ r_{z1} & r_{z2} & r_{z3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 28.95 & 7.74 \\ 25.98 & 0 & -15 \\ 17.91 & 38.43 & 0 \end{bmatrix}$$

Tìm ma trận dịch chuyển t

Từ các tính toán trên ta có vector:

$$\overrightarrow{PP_1} (0, -1.05, 7.74).$$

Đặt

$$\overrightarrow{PP_1} = 3\overrightarrow{PP_1} = (0, -3.15, 23.22)$$

Suy ra

$$\overrightarrow{P_1P_1} = (0, -2.37, 15.48)$$

Ta có vector dịch chuyển $t (0, -2.37, 15.48)$. Dựa vào phần mềm QT creator khi calib camera ta thu được thông số nội tại của camera như sau:

$$\begin{bmatrix} f_x & f_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1821.6 & 1818.5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_0 & Y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 553 & 402.39 \end{bmatrix}$$

Vậy ma trận

$$A = K \cdot [R \quad t]$$

$$= \begin{bmatrix} f_x & 0 & X_0 \\ 0 & f_y & Y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ 0 & 0 & 1 & t_3 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 18.216 & 0 & 5.53 \\ 0 & 18.185 & 4.0239 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 0 & 28.95 & 7.74 & 0 \\ 25.98 & 0 & -15 & -2.37 \\ 17.91 & 38.43 & 0 & 15.48 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 99.04 & 739.87 & 140.99 & 85.61 \\ 554.51 & 154.63 & -272.77 & 19.19 \\ 17.91 & 38.43 & 0 & 15.48 \end{bmatrix}$$

Từ kết quả bài toán thu được tọa độ tập hợp các điểm 2D

Ta lấy tọa độ các điểm như sau:

$$(u_1, v_1) = (357.782, 356.779)$$

$$(u_2, v_2) = (800.393, 880.362)$$

$$(u_3, v_3) = (558.153, 558.246)$$

Dựa theo phương trình:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 99.04 & 739.87 & 140.99 & 85.61 \\ 554.51 & 154.63 & -272.77 & 19.19 \\ 17.91 & 38.43 & 0 & 15.48 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Vậy với $(u_1, v_1) = (357.782, 356.779)$ ta có:

Hệ phương trình

$$\begin{cases} 99.04 X_1 + 739.87 Y_1 + 140.99 Z_1 + 85.61 = 3.57782 \\ 554.51 X_2 + 154.63 Y_2 - 272.77 Z_2 + 19.19 = 3.56779 \\ 17.91 X_3 + 38.43 Y_3 + 15.48 = 1 \end{cases}$$

Ta tìm được:

$$A(X_1, Y_1, Z_1) = (60.82, -28.72, 107.41)$$

$$\text{Với } (u_2, v_2) = (800.393, 880.362)$$

$$\begin{cases} 99.04 X_1 + 739.87 Y_1 + 140.99 Z_1 + 85.61 = 8.00393 \\ 554.51 X_2 + 154.63 Y_2 - 272.77 Z_2 + 19.19 = 8.80362 \\ 17.91 X_3 + 38.43 Y_3 + 15.48 = 1 \end{cases}$$

$$B(X_2, Y_2, Z_2) = (62.8, -29.6, 110.9)$$

Với

$$(u_3, v_3) = (558.153, 558.246)$$

Ta có hệ phương trình

$$\begin{cases} 99.04 X_1 + 739.87 Y_1 + 140.99 Z_1 + 85.61 = 5.58153 \\ 554.51 X_2 + 154.63 Y_2 - 272.77 Z_2 + 19.19 = 5.58246 \\ 17.91 X_3 + 38.43 Y_3 + 15.48 = 1 \end{cases}$$

$$C(X_3, Y_3, Z_3) = (61.6, -29.1, 108.9)$$

Vậy với tọa độ 3 điểm tìm được

$$\begin{cases} (X_1, Y_1, Z_1) = (60.82, -28.72, 107.41) \\ (X_2, Y_2, Z_2) = (62.8, -29.6, 110.9) \\ (X_3, Y_3, Z_3) = (61.6, -29.1, 108.9) \end{cases}$$

Phương trình mặt phẳng laser 3D trong không gian có dạng:

$$aX+bY+cZ+d=0$$

Ta có

$$\overrightarrow{AB} = (1.98, -0.88, 3.49)$$

$$\overrightarrow{AC} = (0.78, -0.38, 1.49)$$

Gọi \vec{n} là vector pháp tuyến của mặt phẳng cần tìm

$$\begin{aligned} \vec{n} &= [\overrightarrow{AB} \quad \overrightarrow{AC}] \\ &= \begin{bmatrix} -0.88 & 3.49 \\ -0.38 & 1.49 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3.49 & 1.98 \\ 1.49 & 0.78 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.98 & -0.88 \\ 0.78 & -0.38 \end{bmatrix} \\ &= (0.015, -0.228, 1.43) \end{aligned}$$

Phương trình mặt phẳng đi qua 3 điểm sẽ là:

$$(P) = 0.015 (X+60.82) - 0.228(Y-28.72) + 1.43 (Z+107.41)=0$$

$$15X + 22.8Y + 143Z + 16105=0$$

Phương trình cần tìm:

$$15X + 22.8Y + 143Z + 16105=0$$

Cách giảm độ méo ảnh

Ống kính bất thường có một số biến dạng, chủ yếu là méo xuyên tâm và tiếp tuyến méo nhẹ. Vì vậy, mô hình trên được mở rộng như:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + t$$

$$x' = x/z$$

$$y' = y/z$$

$$x'' = x' \frac{1+k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6}{1+k_4 r^2 + k_5 r^4 + k_6 r^6} + 2p_1 x' y' + p_2 (r^2 + 2x'^2) + s_1 r^2 + s_2 r^4$$

$$y'' = y' \frac{1+k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6}{1+k_4 r^2 + k_5 r^4 + k_6 r^6} + 2p_1 (r^2 + 2y'^2) + 2p_2 (x' y') + s_3 r^2 + s_2 r^4$$

Tọa độ mở rộng:

$$u = f_x \cdot x''' + c_x$$

$$v = f_y \cdot y''' + c_y$$

$$s \begin{bmatrix} x''' \\ y''' \\ z''' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{33}(\tau_x, \tau_y) & 0 & -R_{13}(\tau_x, \tau_y) \\ 0 & R_{33}(\tau_x, \tau_y) & -R_{23}(\tau_x, \tau_y) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R(\tau_x, \tau_y) \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \\ 1 \end{bmatrix}$$

Tọa độ sau khi chuyển méo

$$x''' \cdot f_x + c_x \rightarrow p_x(u, v)$$

$$y''' \cdot f_y + c_y \rightarrow p_y(u, v)$$

Với $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ là hệ số méo xuyên tâm.

p_1, p_2 là hệ số biến dạng tiếp tuyến.

$s_1, s_2, s_3, s_4, \tau_1, \tau_2$ là các hệ số khác liên quan đến biến dạng méo.

Hiệu chuẩn camera bằng phần mềm Qt Creator (so sánh với hiệu chuẩn bằng tay)

Chạy chương trình bằng phần mềm Qt Creator, chọn các giá trị như trên giao diện tại các mục thông số: Chessboard W, Chessboard H, Chessboard Size, Number Images. Sau khi cài đặt thông số, chọn Start

để bật camera rồi nhấn vào nút *Capture Chessboard*, chụp đủ 18 ảnh ta nhấn vào nút *Save* lưu ảnh. Cuối cùng, kích vào *Calib extrinsic* để thu được các thông số bên trong và bên ngoài của camera.

Kết quả hiệu chuẩn

- Thông số ma trận nội tại của camera (intrinsic)

$$\begin{bmatrix} 1.70699622e+003 & 0 & 5.59322021e+002 \\ 0 & 1.70699683e+003 & 3.93505768e+002 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Các thông số làm méo ảnh:

$$Kc = [-680243075e-002 \quad 1.95500702e-001 \quad 1.62165146e-003 \quad -1.14474376e-003]$$

- Cam_error = 2.5350053999865696e-001
- Thông số ma trận bên ngoài:

Ma trận quay R:

$$\begin{bmatrix} 9.99618485585e-001 & 2.7401970557e-002 & -3.466307299e-003 \\ -2.7441373051e-002 & 9.9955279130e-001 & -1.188227422e-002 \\ 3.1391594079e-003 & 1.1972861202e-002 & 9.999233952e-001 \end{bmatrix}$$

Ma trận dịch chuyển t:

$$\begin{bmatrix} -8.1963690126904503e+000 & 3.412443010278750e-001 & 4.2557570906724976e+002 \end{bmatrix}$$

Kết quả nhận được không sai lệch nhiều so với tính toán hiệu chuẩn bằng tay

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả

Nghiên cứu trình bày về các máy quét màu 2.5D phát triển cho thời gian thực tái tạo màu sắc của các đối tượng 3D trong một dây chuyền sản xuất với mục đích kiểm tra tính đầy đủ trong không gian 3D.

Ngoài ra nghiên cứu cũng trình bày chi tiết các thuật toán hiệu chuẩn, cho phép chúng ta đạt tới độ chính xác rất cao trong việc tái thiết 3D của vật thể mà không cần phức tạp đối tượng chuẩn. Sự đa dạng của sản phẩm quét được và kết cấu đơn giản hệ thống quét laser tác giả xây dựng sẽ ít tốn kém hơn 2 đến 3 lần so với sản phẩm thương mại có sẵn.

Nghiên cứu đã tính toán, thiết kế và xây dựng dụng cụ kiểm tra 3D chi tiết cơ khí sử dụng hệ thống quét laser đường. Từ đó nâng cao mức độ tự động hóa trong việc kiểm tra chi tiết cơ khí dưới dạng 3D và nâng cao khả năng tự động hóa quá trình sản xuất.

3.2. Thảo luận

Thiết bị nghiên cứu xây dựng tuy hoàn thiện về mặt đầy đủ thông số và phương pháp xây dựng nhưng vẫn còn nhiều yếu tố sai số cần tối ưu, làm giảm hoặc loại bỏ như sai số do bề dày của tia laser. Trên thực tế, chùm tia laser đi ra khỏi nguồn phát laser là một đường thẳng có độ dày và cường độ có thể điều chỉnh được, kích thước đường laser càng mảnh thì bất biến dạng bề mặt vật đo càng tốt, mật độ đám mây điểm thu được nhiều hơn và khi đó kích thước thu được sẽ chính xác hơn. Ngược lại với bề rộng lớn và cường độ của đường laser giảm thì chất lượng ảnh thu về kém hơn, dẫn tới sai số với kích thước thật lớn.

Ngoài ra còn các loại sai số khác có thể gây ảnh hưởng tới kết quả đo cần được điều chỉnh và khắc phục như: Sai số do quang sai, sai số do thấu kính, sai số do độ phân giải của CCD, sai số do chế tạo và lắp ráp cơ khí...

4. KẾT LUẬN

Phương pháp đo kích thước chi tiết cơ khí 3D trên cơ sở laser đường là một phương pháp mới đem lại hiệu quả cao và là khâu quan trọng trong việc tiến tới hoàn toàn tự động hóa quá trình sản xuất. Thiết bị tác giả tính toán và thiết kế tuy đơn giản nhưng có khả năng đáp ứng được các tác vụ đo của các chi tiết cơ khí cơ bản, có thể sử dụng trong công nghiệp phụ trợ.

Cuối cùng, tác giả tin rằng hệ thống nghiên cứu sẽ được tích hợp vào một giải pháp công nghiệp thực sự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Zheng Liu, Hiroyuki Ukida, Pradeep Ramuhalli, Kurt Niel, Editors, *Integrated Imaging and Vision Techniques for Industrial Inspection*, ISBN 978-1-4471-6741-9, 2014.
- [2] Jima, “*Surface Reconstruction from Unorganized Point Cloud Data via Progressive Local Mesh Matching*”, Electronic thesis and dissertation repository, 2011.
- [3] Besl, Paul J.; N.D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes". IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society), 1992.
- [4] Edmond Wai Yan Soa, Matteo Munaroa, Stefano Michielettoa, Emanuele Menegatti, Stefano Tonello, “*3D Complete Efficient Completeness Inspection using a 2.5D Color Scanner*”, Preprint submitted to Computers in Industry, 2013.
- [5] Lương Mạnh Bá, Nguyễn Thanh Thủy, *Nhập môn xử lý ảnh số*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1999.

Thông tin liên hệ: **Đặng Văn Hòa**

Điện thoại: 0981061079 - Email: dvhoa@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

