

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ĐO CÁC CHI TIẾT CƠ KHÍ BẰNG ÁNH SÁNG CẤU TRÚC

RESEARCH OF MECHANICAL PARTS MEASURING METHODS BASED ON STRUCTURED LIGHT

Ngô Anh Vũ¹, Nguyễn Thị Kim Cúc², Nguyễn Văn Vinh²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

²Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Những tiến bộ gần đây trong công nghệ đo đã cho phép đo lường hình dạng 3D sử dụng ánh sáng cấu trúc với độ phân giải cao, tốc độ cao. Ưu điểm của phương pháp này là có thể lấy mẫu hàng loạt, có khả năng đo được các chi tiết có hình dạng 3D phức tạp hay trong dây chuyền sản xuất. Trong bài báo này, một số kết quả nghiên cứu, chế tạo thiết bị đo 3D các chi tiết cơ khí bằng ánh sáng cấu trúc được trình bày. Kết quả đã chế tạo được thiết bị đo tự động với hệ thống đầu đo kết hợp với hệ thống bàn quay gá, đối tượng đo có thể thu thập được dữ liệu đám mây điểm ảnh linh hoạt và hiệu quả.

Từ khóa: *Đo lường 3D; Ánh sáng cấu trúc; Mã hóa Gray.*

ABSTRACT

Recent advances in measurement technology have enabled high-resolution, high speed, three-dimensional (3D) shape measurement using structured light techniques. The advantage of this method is that it can be batch sampling, measure complex 3D shapes or production lines. In this paper, some results of research, manufacture of 3D mechanical parts measuring device by structured light are presented. The result is that an automated measuring device with a measuring head system with an object rotary table system can capture flexible and efficient point cloud data.

Keywords: *3D scanning, structured light, Gray code patterns.*



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong ngành công nghệ chế tạo hiện nay, các nhà máy, cơ sở sản xuất đều mong muốn nâng cao chất lượng sản phẩm, thời gian gia công nhanh và giá thành giảm. Để đạt được các yêu cầu thiết yếu đó, thì việc kiểm tra và kiểm soát chi tiết, đánh giá một đối tượng đo về kích thước, sai lệch hình dáng, vị trí, kết cấu là vấn đề quan trọng.

Sự phát triển của công nghệ đo 3D không tiếp xúc bằng phương pháp quang học đã và đang phát triển có tiềm năng lớn trong ngành công nghệ cơ khí với nhiều ưu điểm. Với phương pháp đo quang học có thể tiến hành đo biên dạng, diện tích bề mặt và thể tích, có thể kiểm tra ngay trong quá trình chế tạo, hay lắp ráp làm tăng tốc độ và hiệu quả sản xuất. Dữ liệu đo thu được có thể được sử dụng nhiều lần, có thể chủ động kiểm soát quá trình đo, thông số đo [1], [2]. Ngoài ra, công nghệ đo này còn cho phép thu được một định dạng kỹ thuật số có thể tích hợp vào các hệ thống khác một cách nhanh chóng.

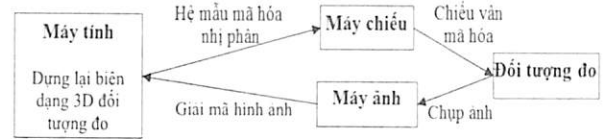
Trong bài báo này, hệ thống đo 3D chi tiết cơ khí bằng ánh sáng cấu trúc được nghiên cứu và xây dựng. Quy trình xây dựng thiết bị và thu thập dữ liệu bề mặt 3D chi tiết cơ khí được trình bày bao gồm: Thiết lập hệ thống đo, xác định các thông số của hệ thống, thiết kế chế tạo thực nghiệm, kết quả thực nghiệm và thảo luận.

2. PHƯƠNG PHÁP ĐO

2.1. Nguyên lý và kết cấu của hệ thống đo

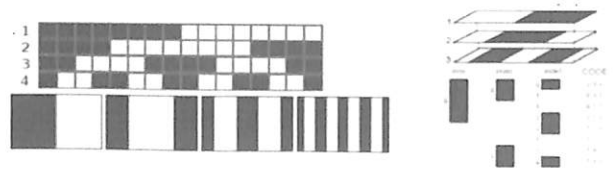
Nguyên lý của phương pháp đo 3D bằng ánh sáng cấu trúc được trình bày như hình 1. Máy chiếu sẽ chiếu ánh sáng được mã hóa

theo hệ mẫu chiếu nhị phân hay Gray lên vật thể cần đo, camera thu được ảnh vân mẫu sau khi được chiếu lên vật thể. Biến dạng của vân mẫu trên vật thể sẽ cho phép xác định chiều sâu đối tượng đo. Máy tính sẽ giải mã hình ảnh, thu được đám mây điểm, sau đó dựng lại biên dạng 3D đối tượng đo.



Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống đo 3D bằng ánh sáng cấu trúc

Hệ vân chiếu dùng mã Gray được tạo ra từ một chuỗi mô hình nhị phân. Với đặc tính quan trọng của mã Gray là giữa các từ mã liền kề chỉ khác nhau một vị trí bit. Các ảnh mẫu n đến 2ⁿ vân đen, trắng mã hóa bằng cách sử dụng một mã nhị phân. Do đó, mỗi điểm ảnh thu được từ các ảnh mẫu là chuỗi các số 0 và 1 tương ứng với cường độ màu đen và phần được chiếu sáng. Trong một ảnh mẫu, tất cả các điểm ảnh thuộc cùng một vân có từ mã giống nhau (hình 2). Vì vậy, trước khi giải mã các điểm ảnh cần phải tìm biên của hai vân liền tiếp nhau.



Hình 2: Ảnh mẫu mã hóa Gray

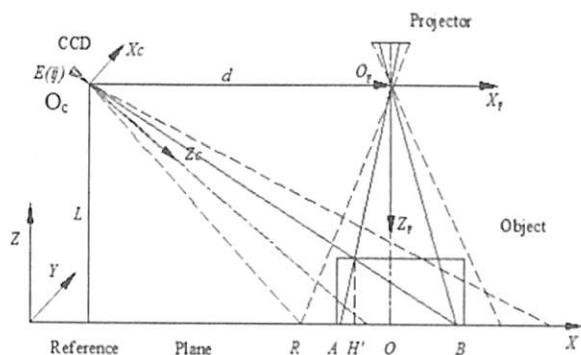
Hệ vân chiếu dùng mã Gray được tạo ra từ một chuỗi mô hình nhị phân.

Các biên của vân là các đường thẳng khi ảnh mẫu chiếu trên mặt phẳng tham chiếu. Sau khi xác định được biên của vân, bước tiếp theo là xác định số thứ tự của vân trong ảnh cường độ.

Khi xác định số thứ tự vân trong các ảnh mẫu được chiếu mã Gray xác định bởi giá trị mức xám 0 hoặc 1 ở vị trí tương ứng với biên của vân sau khi nhị phân hóa trong ảnh cường độ [3], số thứ tự của vân được biểu thị thông qua công thức sau:

$$k=2^{n-i}+2((G_0 G_1 G_2 \dots G_{i-1})_2)_{10} \cdot 2^{n-i+1} \quad (1)$$

Trong đó, $k = 1, 2, 3, \dots, 2^n - 1$ là số thứ tự của vân; $i = 1, 2, \dots, n$ là số thứ tự ảnh; n là tổng số ảnh cường độ; G_i là giá trị mức xám của ảnh thứ i , trong đó $G_0 = 0$.



Hình 3: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đo

Hình 3, trình bày sơ đồ nguyên lý hệ thống đo bằng ánh sáng cấu trúc dựa trên nguyên lý tam giác lượng [4]. Trong đó: O_c và O_p là vị trí của nguồn phát ánh sáng CCD và Camera với khoảng cách giữa các tâm là d , $O_c O_p$ là đường cơ sở song song với mặt phẳng chuẩn (x, y) chứa R trong hệ tọa độ (x, y, z) của hệ thống đo, khoảng cách từ mặt phẳng chuẩn R đến tâm máy chiếu O_c là L . Chiều theo trục z của hệ tọa độ ta có $O_p O$ là chiều cao đầu thu cần dịch chuyển và phân tích. Trong phương pháp đo này khoảng cách từ máy chiếu đến vật thể L sẽ ảnh hưởng đến phạm vi đo và độ phân giải. Tọa độ của vật thể (x_c, y_c, z_c) được tính

thông qua hệ tọa độ như sau:
$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix} = L \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + d$$

Trong đó: d là khoảng cách từ tâm camera đến tâm máy chiếu sao cho trường nhìn của máy chiếu nằm trong trường nhìn của camera.

Trong hệ tọa độ $O'uv$, gốc O' là giao điểm với trục $O_c Z_c$ còn hai điểm u, v lần lượt là giao điểm của hệ tọa độ vật thể theo phương X_c, Y_c .

Ta có:
$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} fx_c/z_c \\ fy_c/z_c \end{bmatrix}$$
 Hay: $y - y_c = a_1 (x - x_c)$ (a)

Trong đó: a_1 là độ nghiêng của ánh sáng chiếu vào chi tiết.

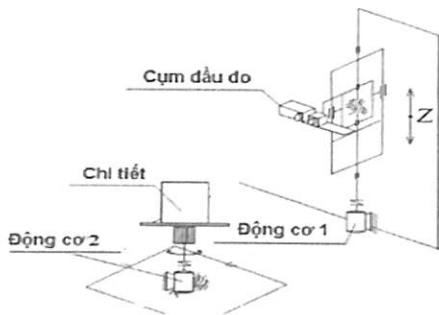
(x_c, y_c) là tọa độ một điểm của chi tiết trên tia sáng.

Từ (a) ta có: $a_1 x + y_c - a_1 x_c = y$

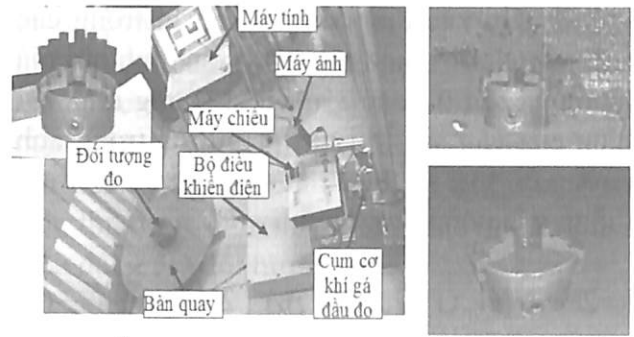
Khi đó, mỗi điểm của vật thể trên CCD của camera có dạng: $AW = d$

2.2. Thiết kế chế tạo thiết bị thực nghiệm

Phần cơ khí đóng vai trò dẫn động cơ khí dịch chuyển vị trí đầu đo để đạt được vùng đo phù hợp với đối tượng đo đặt trên bàn máy. Với phương án thiết kế cho hệ thống cơ khí là quét các chi tiết cơ khí có kích thước nhỏ, do vậy hệ thống làm việc với tải trọng nhẹ, momen quay không lớn, lực tác dụng lên các trục nhỏ nên các kết cấu cần chế tạo đơn giản. Do vậy, kết cấu máy quét 3D gồm có hai phần chính: Hệ thống gá và dịch chuyển đầu đo và hệ thống gá và quay đối tượng đo như trong hình 4. Hệ thống gá cụm đầu đo với kết cấu dịch chuyển là vít me bi và dẫn hướng. Đối tượng đo được gá trên bàn quay thực hiện quay với các góc khác nhau để có thể đo hết được toàn bộ diện tích. Bàn quay được thiết kế đảm bảo chuyển động quay trong quanh trục Z nhờ động cơ gắn trực tiếp vào bàn quay.



Hình 4: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đo



a. Hệ thống thực nghiệm b. Dựng lại đám mây điểm
Hình 5. Hệ thống thực nghiệm và kết quả

Bộ phận cơ khí được điều khiển thông qua máy tính kết nối hệ quang để điều khiển chiếu và thu hình ảnh, thực hiện các kết nối điều khiển quá trình chuyển động của đầu đo, bàn gá, thu nhận và xử lý hình ảnh thu được từ máy ảnh. Hệ thống điều khiển và xử lý ảnh bao gồm: Hệ thống điều khiển chuyển động bàn quay; hệ thống điều khiển chuyển động đầu đo; phần mềm thu và xử lý dữ liệu quét ảnh.

3. THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Với phương pháp và tính toán, nhóm tác giả đã xây dựng được mô hình thử nghiệm như hình 5a. Thiết bị sử dụng cụm đầu đo là một máy chiếu độ phân giải 800x600 và một máy ảnh Logitech DH độ phân giải 1024x768. Mô hình thử nghiệm hệ thống đo đã tạo được vân mã hóa, điều khiển được hệ thống đầu quét đồng thời. Bàn quay có thể chịu tải 50kg, với vận tốc quay có thể thay đổi được. Các thí nghiệm được thực hiện trong phòng với điều kiện ánh sáng môi trường được kiểm soát. Thiết bị thực nghiệm máy đo 3D bằng ánh sáng cấu trúc được chế tạo bước đầu đã thu được đám mây điểm đối tượng đo. Từ đám mây điểm được dựng dùng phương pháp xóa nhiễu nền để thu được đám mây điểm đối tượng đo như hình 5b. Nghiên cứu bước đầu đã thu ảnh và xử lý ảnh quét thông qua máy tính đáp ứng được việc dựng lại hình ảnh 3D của vật thể.

4. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng công nghệ đo 3D với các chi tiết cơ khí là cơ sở để xây dựng một thiết bị đo kiểm tra các chi tiết cơ khí lớn, mỏng, dễ biến dạng và có hình dạng phức tạp trong các cơ sở sản xuất với chi phí thấp trong điều kiện Việt Nam hiện nay. Độ chính xác của kết quả đo phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố ảnh hưởng như sai số của hệ quang, lỗi do hệ thống hiệu chuẩn không chính xác...Do vậy, hướng nghiên cứu tiếp theo cần tiếp tục xây dựng phần mềm có thể xử lý số liệu và loại bỏ các nhiễu tác động. ❖

Ngày nhận bài: 25/10/2017

Ngày phản biện: 15/11/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. J. Salvi, J. Pagà, and J. Batlle, "Pattern codification strategies in structured light systems," Pattern Recognit., vol. 37, pp. 827–849, 2004.
- [2]. J. Batlle, E. Mouaddib, and J. Salvi, "Recent progress in coded structured light as a technique to solve the correspondence problem: A Survey," vol. 31, no. 7, p. 963—982, 1998.
- [3]. H. B. Wu, Y. Chen, M. Y. Wu, C. R. Guan, and X. Y. Yu, "3D Measurement Technology by Structured Light Using Stripe-Edge-Based Gray Code," J. Phys. Conf. Ser., vol. 48, pp. 537–541, 2006.
- [4]. T. Peng and S. K. Gupta, Algorithms and models for 3D shape measurement using digital fringe projection, Mech. Eng., p. 249- 156, 2006.