

THIẾT BỊ SỐ ĐO KÍCH THƯỚC VẬT THỂ BA CHIỀU DẠNG TAY MÁY

Ngô Kiều Nhi – Đặng Văn Nghìn – Trần Hữu Tâm

Trường Đại học Kỹ thuật

(Bài nhận ngày 20/01/2000)

TÓM TẮT: Bài báo giới thiệu kết cấu, nguyên lý hoạt động, phân tích nguyên nhân gây sai số của thiết bị đo tọa độ được nghiên cứu chế tạo. Bài báo nêu một phương pháp đánh giá và khắc phục sai số hệ thống của thiết bị.

1. SỰ CẦN THIẾT CHẾ TẠO THIẾT BỊ SỐ ĐO KÍCH THƯỚC VẬT THỂ

Việc đo một vật thể có các mục đích khác nhau. Trường hợp đơn giản nhất là để biết kích thước của vật thể, cụ thể là để biết khoảng cách giữa 2 điểm nào đó thuộc vật. Từ tập hợp số liệu các khoảng cách thì có thể tính các đại lượng hình học khác như diện tích, thể tích ...

Ứng dụng cao hơn từ việc đo là tái hiện hình dạng các vật thể có hình dạng phức tạp cùng với các số đo của chúng. Trong việc chế tạo các sản phẩm đòi hỏi tính thẩm mỹ cao, thì việc tái hiện từ các mẫu được sáng tác ban đầu là rất cần thiết.

Ứng dụng đem lại sự nhảy vọt công nghệ, đó là sử dụng số liệu đo thành dữ liệu cho các khâu sản xuất chế tạo sau đây. Có thể nêu một số ứng dụng sau : chép mẫu để gia công khuôn trong ngành may, trong ngành sản xuất giày dép ... Ta trích các công đoạn liên quan như sau : công đoạn trước tiên là thiết kế mẫu, công đoạn thứ 2 là lấy số đo từ các mẫu, công đoạn thứ ba là lấy số đo gia công các phôi để tạo các vật thể giống hệt như mẫu. Hiện trạng sản xuất tại nước ta đã có thiết bị tự động điều khiển số (máy CNC) dùng cho công đoạn thứ 3. Tuy nhiên để có số liệu thực hiện cho công đoạn 3, thì chúng ta thiếu thiết bị tự động thực hiện công đoạn 2.

Mục tiêu của công trình nghiên cứu chế tạo thiết bị số đo kích thước vật thể đang được tiến hành trên hai năm qua tại phòng thí nghiệm cơ học ứng dụng trường Đại học Bách Khoa HCM (nay là trường Kỹ Thuật thuộc Đại Học Quốc Gia TP.HCM) là chế tạo thiết bị dùng cho cả 3 ứng dụng nêu trên, mà đặc biệt dùng cho ứng dụng thứ 2, nhằm làm cho qui trình sản xuất khuôn mẫu (hoặc cắt các chi tiết trong công nghiệp may) được tự động hóa liên tục từ công đoạn 2 sang công đoạn 3, góp phần rút ngắn quá trình chế tạo, đưa đến việc thay đổi dễ dàng mẫu mã hàng hóa.

2. PHÂN TÍCH LỰA CHỌN NGUYÊN LÝ

Các máy đo kích thước vật thể đều có nguyên lý chung là xác định vị trí các điểm trong một hệ tọa độ qui chiếu, tức là để đo thì phải xác định khoảng cách. Khi thiết kế thiết bị đo có ba yếu tố cần phải chọn lựa :

a. Cảm biến định vị vị trí : Ta phân các cảm biến định vị vị trí thành hai loại : loại tiếp xúc trực tiếp và loại không tiếp-xúc.

* Loại tiếp xúc : Theo phương pháp này, máy trang bị một đầu dò, được coi là vật rắn tuyệt đối, khi cần xác định vị trí của điểm nào, thì đầu dò đặt tại điểm đó.

* Loại không tiếp xúc : Đại lượng tiếp cận với điểm đo là các tia quang học (chủ yếu là lazer). Trên bảng 1 phân tích các ưu nhược điểm của các loại cảm biến tiếp xúc và không tiếp xúc.

Bảng 1 : Bảng so sánh phương pháp đo tiếp xúc và không tiếp xúc

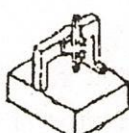
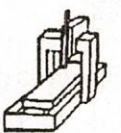



STT	CÔNG NGHỆ SỐ HÓA	HẠN CHẾ	ƯU ĐIỂM
1	Đo tọa độ điểm bằng tia laser (Laser Point)	- Phải quét màu cho bề mặt đo - Khó thực hiện với các bề mặt có độ dốc lớn hoặc không đo được ở 1 số chi tiết - Giá thành cao	- Không có tiếp xúc về bề mặt đo - Tốc độ lấy tọa độ điểm cao (100 - 300 điểm/giây)
2	Quét bề mặt theo đường bằng tia laser (Laser Line)	- Phải quét màu cho bề mặt đo - Khó thực hiện với các bề mặt có độ dốc lớn, 1 số chi tiết không đo được - - Giá thành rất cao	- Không có tiếp xúc với bề mặt đo - Tốc độ lấy tọa độ điểm rất cao (600-1500 điểm/giây) - Do tốc độ quét cao nên có thể lấy tọa độ điểm ở những mặt cong có độ dốc lớn
3	Đo tọa độ điểm bằng đầu bấm tiếp xúc (Touch Trigger probe)	- Không thích hợp cho vật thể mềm - Tốc độ quét thấp	- Không phụ thuộc vào cấu trúc của bề mặt đo - Giá thành thấp
4	Đo tọa độ điểm bằng đầu tiếp xúc liên tục (Analog Touch Probe)	- Lực tiếp xúc cao - Đối với những chi tiết nhỏ khó thực hiện - Tốc độ quét thấp	- Không phụ thuộc vào cấu trúc bề mặt đo - Giá thành trung bình

b/ Dạng chuyển động tương đối giữa các khâu động :

Có 3 loại sơ đồ động nêu sau :

(i) Loại toàn khớp tịnh tiến, một số sơ đồ phổ biến được cho trong bảng 2

Bảng 2. Sơ đồ động của thiết bị đo toàn khớp tịnh tiến

Cấu hình	Cầu dịch chuyển	Cầu cố định	Cánh tay chìa	Cánh tay ngang	Khung giàn
Áp dụng					

(j) – Loại toán khớp bản lề (dạng tay máy)

(k) – Loại hỗn hợp vừa khớp tịnh tiến vừa khớp bản lề

Loại toàn khớp tịnh tiến có ưu điểm là chế tạo dễ dàng, thường dùng để đo vật thể kích thước lớn. Tuy nhiên nhược điểm rất lớn của chúng là không cho phép cảm biến với tới các điểm nằm trên bề mặt lõm. Do vậy loại này không thể sử dụng để đo các vật thể có hình dáng phức tạp. Loại sơ đồ động (j) và (k) có chứa khớp bản lề khắc phục nhược điểm của loại đầu (i).

c. Phương pháp hiển thị :

Có hai phương pháp :

- Hiển thị trực tiếp số liệu cho từ cảm biến.

- Hiển thị kết quả cần có sau khi xử lý tín hiệu số từ cảm biến. Kỹ thuật số này cho phép đo được linh hoạt các đại lượng gián tiếp và chuyển số liệu sang thiết bị số kế tiếp (nối giữa công đoạn 2 và 3 trong quy trình sản xuất tự động bằng các thiết bị CNN).

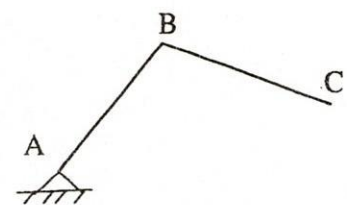
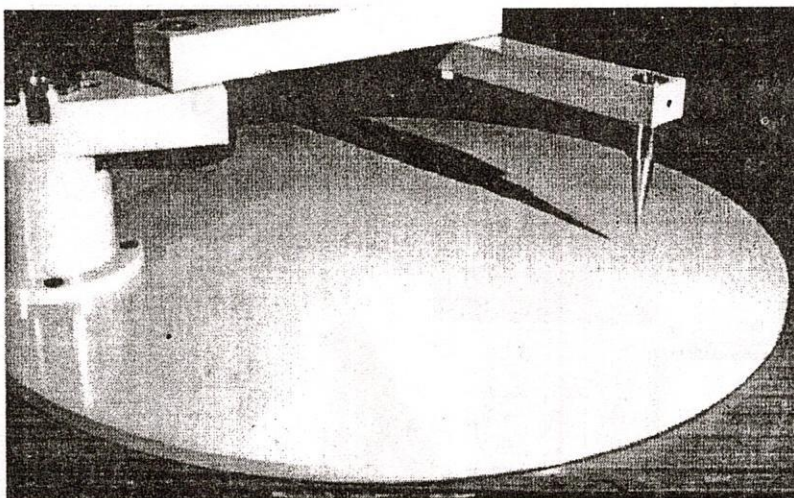
* Thiết bị đo được nghiên cứu chế tạo trong công trình này thuộc loại đo trực tiếp, chứa toàn khớp quay (dạng tay máy) và sử dụng kỹ thuật số.

3. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC THIẾT BỊ :

3.1 Sơ đồ kết cấu phân cơ :

Hai thiết bị đo đã được chế tạo. Sơ đồ động thiết bị đo tọa độ hai chiều và thiết bị đo tọa độ ba chiều được cho trên hình 1 và hình 2. Sơ đồ nguyên lý toàn thiết bị cho hình 3.

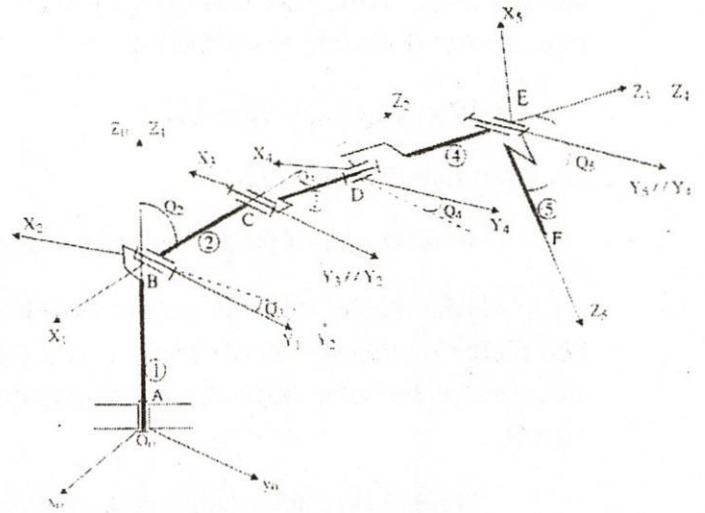
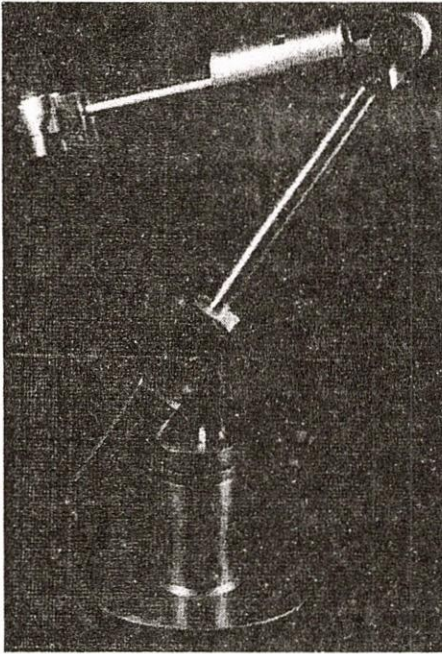
Hình 1 : Hình chụp và Sơ đồ nguyên lý của thiết bị đo tọa độ 2 chiều



b/ Sơ đồ nguyên lý

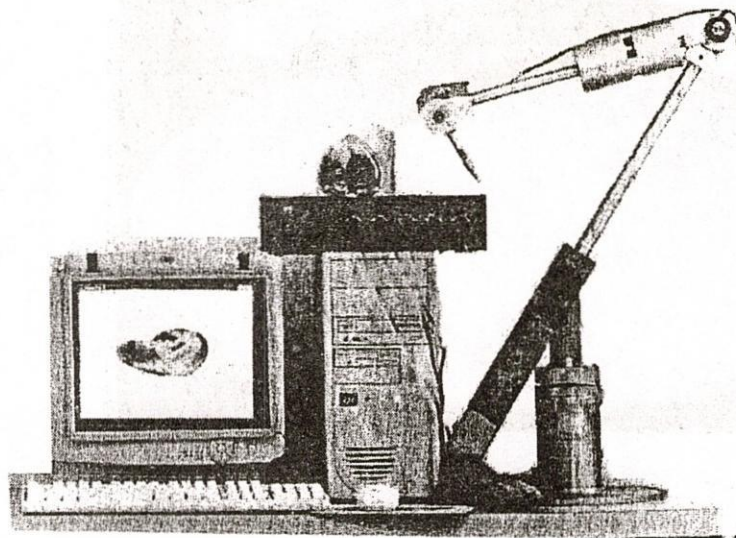
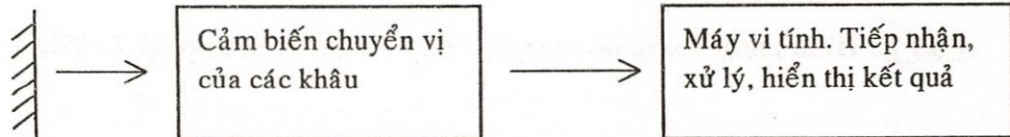
a/ Hình chụp :

Hình 2 : Hình chụp và sơ đồ nguyên lý của thiết bị tọa độ 3 chiều



b/ Sơ đồ nguyên lý

Hình 3 : Sơ đồ nguyên lý hoạt động của thiết bị



3.2 Thông số kỹ thuật của các thiết bị đo được chế tạo :

Bảng 3 Thông số kỹ thuật thiết bị đo

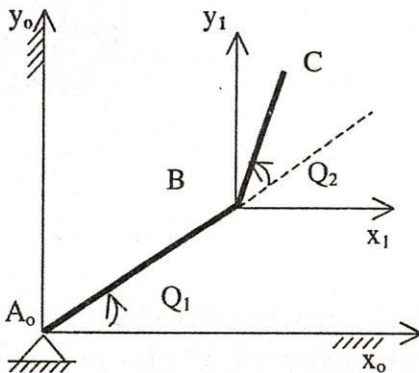
Thiết bị	Chiều dài các khâu l và số mức N trên 1 vòng quay										Kích thước lớn nhất đo được
	AB		BC		CD		DE		EF		
	l[mm]	N	l[mm]	N	l[mm]	N	l[mm]	N	l[mm]	N	
Thiết bị đo 2 chiều (đo phẳng)	250	4000	200	400							Hình tròn đường kính d=900mm
Thiết bị đo 3 chiều (đo không gian)	330	2500	450	2500	100	2500	350	4000	100	4000	Hình cầu đường kính d=2000mm

3.3 Biểu thức xác định tọa độ :

3.3.1 Thiết bị đo phẳng :

- Gắn với thiết bị hệ trục tọa độ cố định x_0, y_0 . (Hình

4).



- Thiết bị có 2 bậc tự do với 2 tọa độ suy rộng.

- Giá trị Q_1, Q_2 được xác định bằng các cảm biến đo góc (encoder). Vị trí đầu đo là vị trí C được xác định bởi biểu thức.

$$\begin{cases} x = AB \cdot \cos Q_1 + BC \cdot \cos(Q_1 + Q_2) \\ y = AB \cdot \sin Q_1 + BC \cdot \sin(Q_1 + Q_2) \end{cases} \quad (1)$$

Hình 4 : Hệ trục tọa độ của thiết bị đo phẳng

3.3.2 Thiết bị đo 3 chiều : Thiết bị có 5 bậc tự do, với 5 tọa độ suy rộng Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 , (Hình 2b).

Ký hiệu T_{ij} là ma trận chuyển tiếp giữa 2 hệ trục tọa độ i và j thì tọa độ điểm F xác định bởi biểu thức sau [1]

$$= T_{10} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 0 \end{pmatrix} \cdot T_{21} \cdot T_{32} \cdot T_{43} \cdot T_{54} \quad (2) \quad \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \\ 1 \end{pmatrix}$$

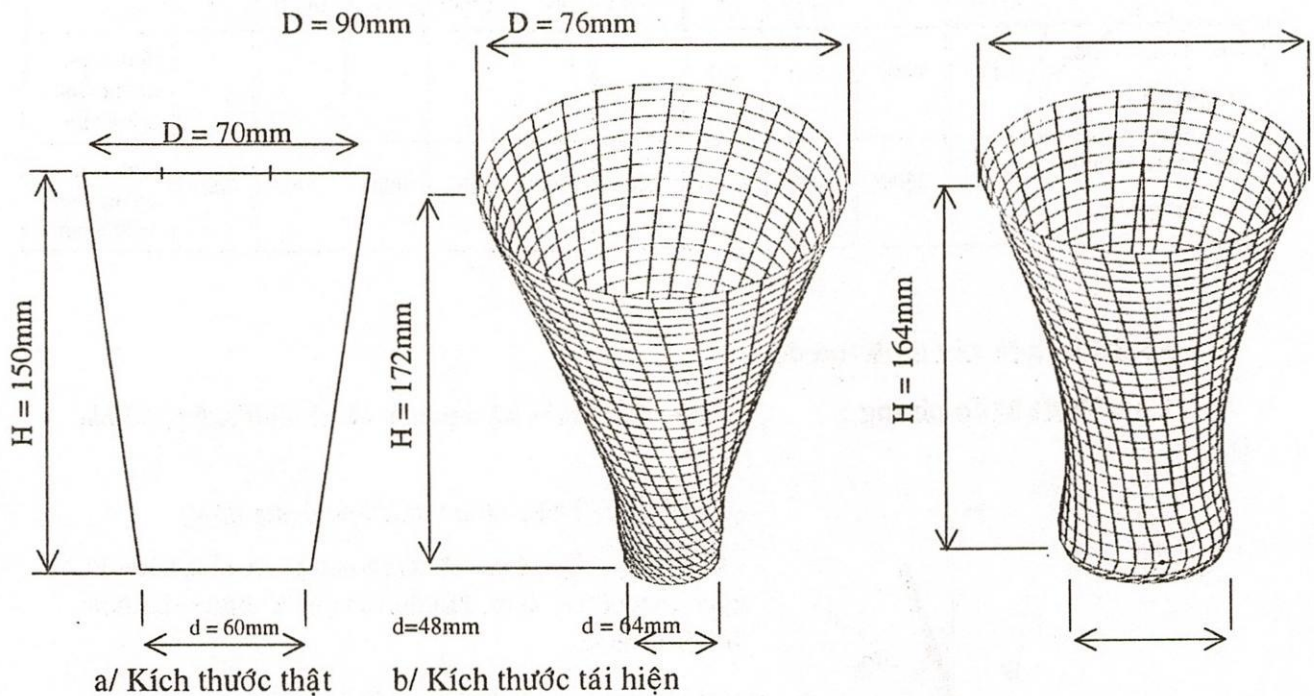
4. KẾT QUẢ KHẢO SÁT

Công việc nghiên cứu được tập trung vào việc khảo sát sai số, phân tích các nguyên nhân, phân loại và tìm các giải pháp khắc phục.

4.1 Kết quả đo thu được ban đầu :

Trên bảng 3 cho biết độ phân giải trong việc đo vị trí của các khâu động.

Để khảo sát độ chính xác tọa độ khi sử dụng trực tiếp số liệu từ các cảm biến đo góc, chúng tôi đã tiến hành các thí nghiệm đo các vật thể thực và tái hiện hình ảnh, kích thước của chúng từ các số liệu tính tọa độ, sau đây là 1 số kết quả đo vật thể 3 chiều.



H.6 : Kích thước đo vật thể 3 chiều

Kết quả cho thấy sai số tuyệt đối lớn nhất giữa hai khoảng đo = 20mm. Điều này hạn chế phạm vi sử dụng của thiết bị. Do vậy ta rút ra được một kết luận quan trọng là không thể dùng ngay số liệu chỉ thị từ cảm biến để xác định tọa độ các điểm. Điều khuyến cáo này có ý nghĩa không những cho các thiết bị đo (tức thực hiện bài toán thuận) mà có ý nghĩa rất lớn cho các thiết bị điều khiển (tức thực hiện bài toán ngược). Vì vậy vấn đề đặt ra là phải tìm ra các biện pháp giảm thiểu sai số.

4.2 Phân tích các nguyên nhân gây sai số :

Thiết bị đo tọa độ này được sử dụng trong điều kiện môi trường bình thường, do vậy các nguyên nhân sai số chủ yếu được gây bởi trình độ công nghệ gia công cơ khí. Việc chế tạo và lắp ráp phần cơ không chính xác gây ra các sai số sau :

- Sai số chiều dài khoảng cách giữa hai tâm quay thuộc một khâu.
- Sai số về góc giữa các trục quay và trục của khâu (thông thường góc qui ước là 90°)

- Sai số vị trí góc chuẩn ban đầu giữa các trục của các khâu.

* Bên cạnh đó, phần điện tử thì gây ra các sai số :

- Dung sai của các cảm biến đo góc. Do đó việc nâng cao độ phân giải trong một vòng quay làm hạn chế đáng kể sai số này.

- Sai số của mạch giao tiếp .

+ Các sai số chế tạo và lắp ráp, phần cơ là đáng kể, do vậy trong giai đoạn đầu tiên chúng ta đã tập trung khắc phục nghiên cứu loại sai số này.

4.3 Khắc phục sai số vị trí ban đầu :

Trong các sai số nêu trong mục (4.2) thì sai số gây bởi vị trí ban đầu là lớn nhất.

Về mặt lý thuyết, ta cho rằng khi bắt đầu đo thì các góc $Q_i = 0$ (hình 2). Trong thực tế thì khi bắt đầu đo, các góc Q_i có giá trị ban đầu $(Q_0)_i$ (chú ý rằng các con số này mỗi lần đo có giá trị khác nhau). Các giá trị $(Q_0)_i$ này khiến khi ta dùng công thức (1) và (2) sẽ không biểu thị chính xác tọa độ điểm đo. Đặc biệt sự khác nhau về giá trị của chúng ở các lần đo khiến cho phải tìm một giải thuật áp dụng tự động mỗi lần đo. Nhiều biện pháp đã được nhóm nghiên cứu đề xuất. Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi giới thiệu biện pháp sau :

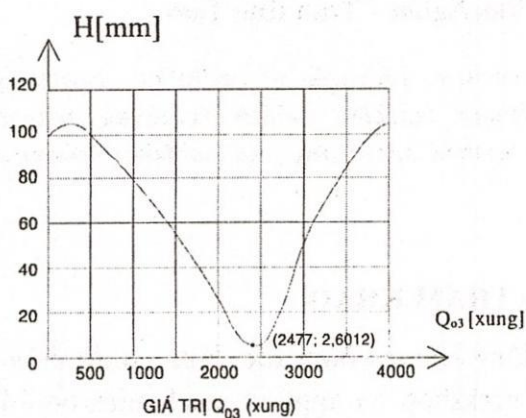
Giả sử ta cho rằng khi bắt đầu đo góc Q_3 có giá trị ban đầu $(Q_0)_3$. Để xác định $(Q_0)_3$, ta lập hàm H sau : $H = L(Q_0)_3 - L_0$

với : L_0 : khoảng cách biết trước giữa hai điểm A, B

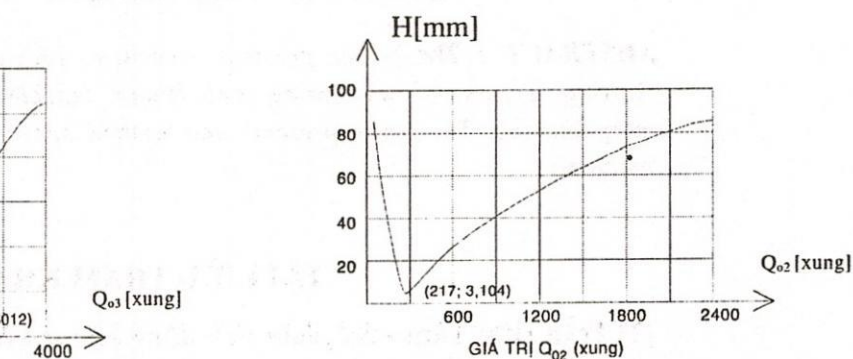
$L(Q_0)_3$: hàm xác định khoảng cách AB bởi biểu thức (1) và (2) có kể đến sự hiện diện của $(Q_0)_3$

Khảo sát hàm H, khi cho $(Q_0)_3$ cho biến thiên ta nhận thấy hàm H luôn có một giá trị cực tiểu.

Hình 6 và hình 7 cho ví dụ tìm $(Q_0)_3$ và $(Q_0)_2$ bằng biện pháp tìm min hàm H. Đơn vị đo góc của encorder là xung, tức là 1 vạch của cảm biến đo góc, với $1 \text{ xung} = \frac{360}{4000} = 0,90^\circ$



H.6 : Đồ thị khảo sát H để xác định $(Q_0)_3$



H.6 : Đồ thị khảo sát H để xác định $(Q_0)_2$

Từ số liệu cho trên hình 6 và hình 7, rút ra kết luận sau :

- ❖ Nếu bỏ qua $(Q_0)_3$ ban đầu thì sai số rất lớn $\Delta H = 100\text{mm}$, tức là sai số tương đối = 25%
- ❖ Nếu dùng biện pháp cực tiểu hóa hàm H ta xác định được $(Q_0)_2 = 32,55^\circ$ và $(Q_0)_3 = 137,07^\circ$ thì giảm sai số còn bằng 3,1mm, tức là sai số tương đối = 0,78%.

4.4 Độ chính xác đạt được :

Trên bảng 5 cho ta thấy kết quả cải thiện sai số bằng biện pháp nêu trong mục 4.3 trên thiết bị đo phẳng.

N _o	l ₀ [mm]	Đo trực tiếp			Đo sau khi sử dụng biện pháp		
		l [mm]	Δ [mm]	Δ%	l [mm]	Δ [mm]	Δ%
1	50	48,2	1,8	3,6%	50,5	0,5	1%
2	100	103,1	3,1	3,1%	99,5	0,5	0,5%
3	200	195,5	4,5	2,25%	199,4	0,6	0,3%
4	300	303,8	7,8	2,6%	300,7	0,7	0,23%
5	400	396	4	1%	399,1	0,9	0,255%
6	500	493,1	6,9	1,38%	498,5	1,5	0,3%

5. KẾT LUẬN :

* Trong thiết bị số đo kích thước vật thể 3 chiều dạng tay máy, thì sai số hệ thống có tỷ lệ lớn hơn so với sai số ngẫu nhiên. Vì vậy, để nâng cao độ chính xác của thiết bị đo thì việc đánh giá và khắc phục sai số hệ thống là rất quan trọng.

* Căn cứ vào cấu trúc của thiết bị, đưa ra biện pháp sử dụng giải thuật cực tiểu hàm sai số để xác định thông số ban đầu đã mang lại hiệu quả cao và nhanh chóng.

DIGITAL ANTHROPOID MACHINE MEASURING 3D

Ngo Kieu Nhi – Dang Van Nghin – Tran Huu Tam

ABSTRACT : The paper presents structure, principle of operation, analyzing factor causing errors of measuring coordinate machine, which is doing research and manufacturing. The paper presents one method appraising and sudduing system errors of machine.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Trần Hữu Tâm - Sự phân tích động học mô hình xác định tọa độ điểm của bề mặt vật thể, Proceedings of the eighth workshop on applied machanics on 14th May 1998.

[2] Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh - Điều khiển tối ưu và Bền vững. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật 1999.

[3] Busch, K., Kunzmann, II. and Wäldele, F., - Numerical Error-Correction of Coordinate Measuring Machines, Proceedings of International Symposium on Metrology for Quality Control in Production, Tokyo, 1984, pp. 270-282.

[4] Hocken, R., Simpson, J.A., et al, - Three Dimensional Metrology, Annals of the CIRP, Vol26/2, 1977.

[5] Bell, F.K., Brown, S.N., Gale, M.T., - *Method for Determining Position Within the Measuring Volume of a Coordinate Measuring Machine and the Like and System Therefore*, U.S. Patent 4,945,501, July 31, 1990.

[6] Huang, P.S., Ni, J., - *On-Line Error Compensation of Coordinate Measuring Machines*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 1994.

[7] Zhang, G., Veale, R., Charlton, T., Borchardt, B., and Hocken, R., - *Error Compensation of Coordinate Measuring Machines*, Annals of the CIRP, Vol. 34, (1), 1985.

[8] E.I Vorobiev, S.A. Popov, G.I. Sêvelevq - *Mê-kha-ni-ka pro-mut-slen-nutx robotov*, Moskva, Vưsaja Skola, 1998.