

NGƯỜI MÁY PHÒNG SINH VÀ MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC DẠNG TỔNG QUÁT

NGUYỄN THIỆN PHÚC

1. MỞ ĐẦU

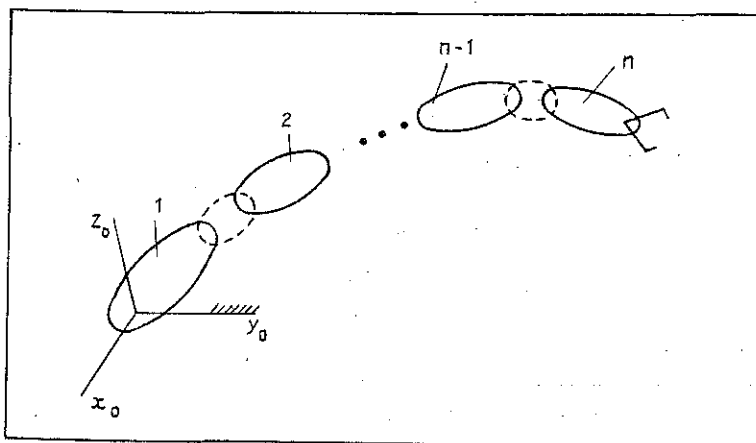
Khi nghiên cứu các loại người máy, người ta có xu hướng bắt chước cơ cấu hoạt động của sinh vật. Đơn giản nhất là cơ cấu 3 khớp trục quay (QQQ) bắt chước cơ cấu tay người và gọi là cơ cấu phỏng sinh (Anthropomorphous Mechanism). Trên cơ sở cấu trúc (QQQ) này hình thành nhiều loại người máy nổi tiếng như IRB-6 của Thụy Điển, Puma và Cincinnati T3 của Mỹ, Kuka của CHLB Đức, Armstar và Scara của Nhật. TYP-10 của Nga v.v...

Tuy nhiên những cơ cấu này đã mô phỏng tay người ở mức đơn giản hóa tối đa. Bản thân tay người có đến 27 bậc tự do. Phân loại về cấu trúc cơ cấu và phương pháp xây dựng mô hình động học của chúng có thể xem ở [1].

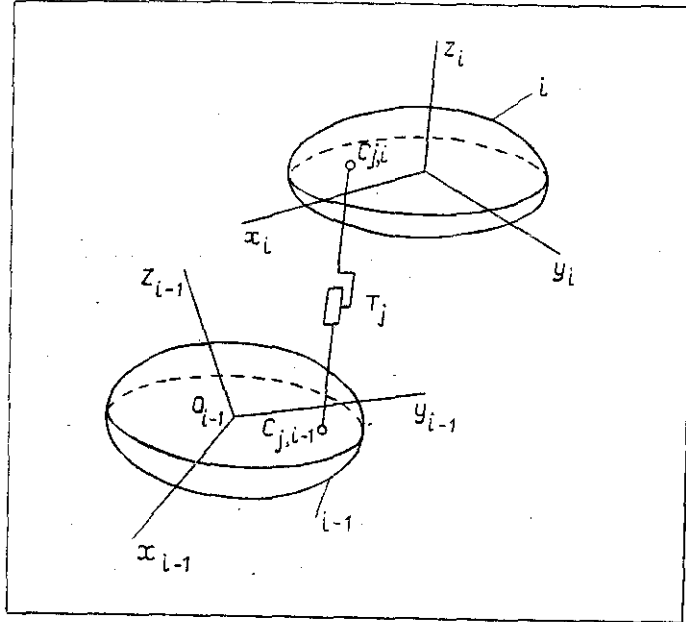
Trong bài này xây dựng mô hình động học dạng tổng quát, có thể đáp ứng yêu cầu khi nghiên cứu đối với những sơ đồ cơ cấu phức tạp của người máy phỏng sinh, ví dụ như hình con rắn [2], cũng như với các sơ đồ cơ cấu phỏng sinh thường dùng đã đơn giản hóa nói trên; có thể dùng cho các sơ đồ xích động nối tiếp và cả cho xích động song song; có thể phù hợp cho các hệ tọa độ khác nhau. Đồng thời xác lập các thuật toán giải bài toán ngược với trường hợp tổng quát cũng như đối với các trường hợp riêng

2. KHỚP ĐỘNG CƠ SINH VÀ MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC

Trên hình 1, cơ cấu người máy gồm nhiều vật thể, đánh số từ 1 (gắn với giá cố định) cho đến n (gắn với bàn kẹp). nối với nhau bằng các khớp động (vẽ nét đứt). Các mô hình hiện hành thường xây dựng đối với các khớp động tịnh tiến T hoặc khớp quay Q (khớp P_5).



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc



Hình 2. Khớp động cơ sinh

Ta gọi một khớp động nối liền hai vật thể i và $i - 1$ như trên hình 2 là "khớp động cơ sinh". Nó gồm 6 thanh nối tịnh tiến T_j ($j = 1 - 6$), như những dây cơ trong các khớp xương của sinh vật. Hai đầu các thanh T_j là các khớp cầu (khớp P_3) nối với vật thể i (khớp $C_{j,i}$) và vật thể $i - 1$ (khớp $C_{j,i-1}$).

Nếu điều khiển cho các thanh T_j thay đổi chiều dài (tức là có sự chuyển dịch tịnh tiến) theo một cách thức nào đó thì có thể tạo nên các chuyển động tương đối giữa vật thể i đối với vật thể $i - 1$ theo nhiều phương khác nhau. Có thể hình dung như các dây cơ co kéo tạo cho khớp xương chuyển động linh hoạt.

Gắn tọa độ $O_i x_i y_i z_i$ với vật thứ i và tọa độ $O_{i-1} x_{i-1} y_{i-1} z_{i-1}$ với vật thể thứ $i - 1$.

Dùng phương pháp ma trận thuần nhất 4×4 để chuyển hệ tọa độ từ i sang $i - 1$:

$$r_{i-1} = M_i r_i \quad (2.1)$$

với

$$r_i = (x_i, y_i, z_i, 1)^T \quad (2.2)$$

$$r_{i-1} = (x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}, 1)^T \quad (2.3)$$

$$M = \begin{bmatrix} R_i & & P_i \\ 0 & & 1 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Ma trận khối M_i gồm R_i là ma trận quay 3×3 , ma trận không 3×1 , ma trận đơn vị 1×1 và P_i là ma trận 3×1 biểu thị sự dời chuyển gốc tọa độ

$$P_i = (x_{0i}, y_{0i}, z_{0i})^T \quad (2.5)$$

Ma trận quay R_i biểu thị sự quay tương đối của tọa độ i so với $i - 1$. Nếu phân tách việc quay này thành 3 động tác quay cơ bản biểu thị bằng 3 ma trận 3×3 .

$R_{x,\psi}$ - hệ i quay quanh trục $O_{i-1} x_{i-1}$ một góc ψ

$R_{y,\varphi}$ - hệ i quay quanh trục $O_{i-1} y_{i-1}$ một góc φ

$R_{z,\theta}$ - hệ i quay quanh trục $O_{i-1}z_{i-1}$ một góc θ

Ta có

$$R_{x,\psi} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$R_{y,\varphi} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$$R_{z,\theta} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

và

$$R_i = R_{x,\psi} \cdot R_{y,\varphi} \cdot R_{z,\theta} \quad (2.9)$$

Gắn hệ tọa độ x_0, y_0, z_0 với giá cố định và hệ tọa độ i với vật thể i ($i = 1, 2, \dots, n$). Hệ tọa độ n gắn liền với bàn kẹp.

Như vậy để khảo sát trong hệ tọa độ sự chuyển động của một điểm A_i nào đó biểu thị trong hệ tọa độ i bằng véc tơ r_i có thể dùng mô hình động học sau:

$$r_0 = M_1 \cdot M_2 \dots M_i \cdot r_i \quad (2.10)$$

Từ đó vận tốc và gia tốc chuyển dịch được xác định bởi \dot{r}_0 và \ddot{r}_0 .

3. CÁC TRƯỜNG HỢP RIÊNG

Phương trình (2.10) mô tả các quan hệ động học ở dạng tổng quát đối với cơ cấu người máy với các khớp động cơ sinh (hình 2) bởi vì từ đây có thể suy ra tất cả các trường hợp riêng khác:

1. Các khớp động cơ sinh có thể đơn giản hóa thành khớp trục quay Q (khớp P_3) nếu chiều dài các thanh nối T_j đều bằng không. Như vậy, khớp cầu $C_{j,i}$ trùng với khớp cầu $C_{j,i-1}$ và nếu không chế chỉ cho quay quanh một trục, ví dụ thường chọn trục z_1 , lúc này đã trùng với z_{i-1} . Khi đó sơ đồ người máy là một cơ cấu khớp trục (khớp trục quay P_3) và phương trình động học (2.10) phù hợp với các mô hình quen biết [1, 3] theo quy tắc xây dựng các hệ tọa độ như sau:

Trục z_i trùng với trục quay khớp động nối khâu i và khâu $i + 1$; Trục x_i nằm trên đường vuông góc chung giữa hai trục quay và hướng từ z_{i+1} đến z_i ; Trục y_i là trục thứ 3 của hệ tọa độ phải và vuông góc $x_i y_i z_i$.

2. Các khớp động cơ sinh cũng có thể đơn giản hóa thành khớp tịnh tiến thuần túy nếu không cho tồn tại các khớp cầu $C_{j,i}$ và $C_{j,i-1}$ (hình 2).

3. Trường hợp hỗn hợp là cơ cấu có một số khớp trở thành khớp trục quay Q và một số khớp trở thành khớp tịnh tiến.

Mô hình động học của 3 trường hợp nói trên là những trường hợp riêng của mô hình (2.10) với các ghi chú đã trình bày. Nhiều công trình (xem [1, 3]) đã nghiên cứu giải các bài toán thuận và ngược về động học người máy cho các trường hợp trên.

Trong bài toán ngược yêu cầu xác định các thông số điều khiển trước hết là để đảm bảo quỹ đạo của bàn kẹp. Trong nhiều trường hợp không phải dễ dàng tìm được lời giải. Những trường hợp dưới đây các bài toán ngược được giải quyết nhanh chóng, nên rất thuận tiện cho việc điều khiển.

4. Trường hợp cơ cấu chỉ có một khớp động cơ sinh (hình 2) có thể có nhiều ứng dụng thực tế. Ví dụ: trường hợp hệ thống gắn với vật thể i cần chuyển động đối với giá (vật thể $i - 1$) một cách hết sức linh hoạt như đặt trên một khớp cầu mà điều khiển được theo ý muốn.

Trong trường hợp này các vị trí và định hướng của vật thể i được xác định bằng 6 điểm $C_{j,i}$, các vec tơ bán kính $r_{j,i}$ trong hệ tọa độ $O_i x_i y_i z_i$ và trong hệ tọa độ $O_{i-1} x_{i-1} y_{i-1} z_{i-1}$ biểu thị các bán kính vec tơ $r_{j,i-1}$. Trên cơ sở (2.1) ta có:

$$r_{j,i-1} = M_i \cdot r_{j,i} \quad (3.1)$$

$$r_{j,i-1} = (x_{j,i-1} y_{j,i-1} z_{j,i-1}, 1)^T \quad (3.2)$$

Trong hệ tọa độ $O_{i-1} x_{i-1} y_{i-1} z_{i-1}$ này vị trí các điểm $C_{j,i-1}$ được xác định bằng các tọa độ $x_{j,i-1}$, $y_{j,i-1}$ và $z_{j,i-1}$.

Chiều dài các thanh nối tịnh tiến T_j ($j = 1 - 6$) sẽ được xác định bằng công thức sau

$$L_{j,i} = [(\bar{x}_{j,i-1} - x_{j,i-1})^2 + (\bar{y}_{j,i-1} - y_{j,i-1})^2 + (\bar{z}_{j,i-1} - z_{j,i-1})^2]^{1/2} \quad (3.3)$$

Hình dung các thanh nối T_j là các xy lanh thủy lực hoặc khí nén và các chiều dài $L_{j,i}$ ($j = 1 - 6$) liên với các thông số điều khiển chuyển động theo yêu cầu.

5. Có những trường hợp riêng xuất phát từ trường hợp thứ 4 vừa khảo sát trên. Đó là khi vật thể i là các tấm phẳng:

- Trường hợp $z_i = 0$ và các điểm $C_{j,i}$ phân bố trên mặt phẳng $O_i x_i y_i$. Đây là một cơ cấu ống gian gồm tấm phẳng nối với giá bằng khớp cầu ở 2 đầu của xy lanh - pisto. Các xy lanh y không ghép nối tiếp với nhau, nên đôi khi gọi là ghép song song, mặc dù trong thực tế chúng rờng đặt chéo nhau.

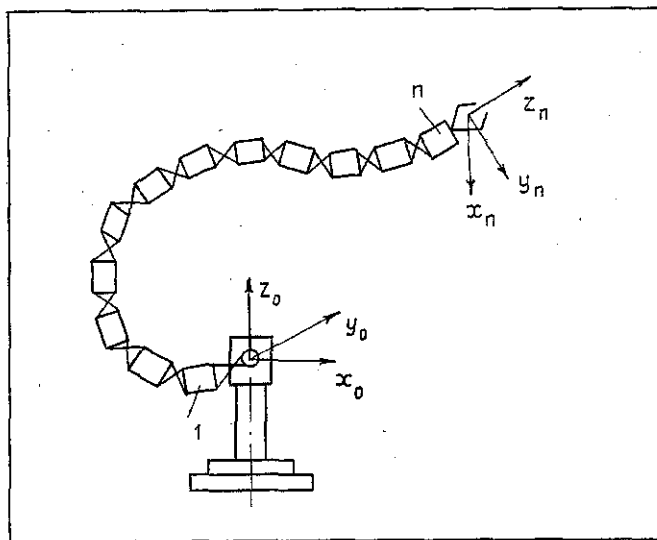
- Trường hợp tấm phẳng i nằm trong mặt phẳng, ví dụ nối với giá $i - 1$ bằng các xy lanh nối ($j = 1 - 3$) cũng phân bố trên mặt phẳng này thì trở về trường hợp cơ cấu phẳng ghép song song.

Trong trường hợp này các công thức trên sẽ đơn giản đi nhiều và $x_{j,i} = 0$, $x_{j,i-1} = 0$ và ma trận R_i chỉ còn là $R_{x,y}$ xem (2.6)

6. Trường hợp tổng quát nhất là người máy phỏng sinh, có hình dáng tương tự hình 3.

Người máy có loại máy có thể đưa bàn kẹp đến mọi nơi, mọi hướng với những cấu hình bất kỳ trong vùng làm việc có nhiều chướng ngại.

Một phương án kết cấu với 30 bậc tự do đã được chế thử, lắp đặt ở Viện nghiên cứu máy atscova [2] và để nghiên cứu nó đã phải dùng một công cụ riêng, gọi là tọa độ 1.



Hình 3. Người máy phỏng sinh $6 \times n$ bậc tự do

Ở đây chúng ta dùng mô hình động học dạng tổng quát (2.10) với cách bố trí các hệ tọa độ như trên hình 3: Hệ tọa độ cố định $x_0y_0z_0$ gắn liền với giá; Các hệ tọa độ tiếp theo gắn liền với các khâu 1, 2, ..., n ; Hệ tọa độ cuối cùng $x_ny_nz_n$ gắn liền với bàn kẹp với trục z_n hướng theo trục bàn kẹp, trục y_n theo hướng đóng mở của bàn kẹp.

Trong hệ tọa độ $x_iy_iz_i$ nào đó tâm O_n của bàn kẹp được xác định bằng bán kính vec tơ p .

$$p = (p_1, p_2, p_3, 1)^T \quad (3.4)$$

và định hướng của bàn kẹp được xác định bằng 3 góc Euler α, β, γ hoặc 3 vec tơ chỉ phương I, J, K của 3 trục $x_ny_nz_n$. Bởi vì I, J, K là các vec tơ đơn vị và vuông góc với nhau từng đôi một, cho nên trong số 9 thành phần của chúng chỉ có 3 là tồn tại độc lập.

Gọi \tilde{p} là vec tơ suy rộng 6 thành phần biểu thị cho định vị và định hướng của bàn kẹp trong không gian:

$$\tilde{p} = (p_1, p_2, p_3, \alpha, \beta, \gamma)^T \quad (3.5)$$

Các vec tơ p và \tilde{p} đều là hàm số của các thông số điều khiển, ở đây là L_{ji} , tương tự (3.3)

$$p = F(L_{ji}), \quad (3.6)$$

$$\tilde{p} = \tilde{F}(L_{ji}). \quad (3.7)$$

Các công thức (3.4) - (3.7) đã xác lập trong hệ tọa độ $x_iy_iz_i$, khi $i = 0$ ta có các công thức tương tự xét trong hệ tọa độ cố định $x_0y_0z_0$ và khi $i = n - 1$, trong hệ tọa độ gắn liền với khâu trước bàn kẹp

4. TRÌNH TỰ GIẢI BÀI TOÁN NGƯỢC

Nhiệm vụ của bài toán ngược là tính toán các bộ thông số điều khiển L_{ji} theo các yêu cầu về định vị và định hướng bàn kẹp. Không những thế, ở đây còn có các yêu cầu cho trước về cấu hình ở từng thời điểm, tức là các hệ tọa độ $x_iy_iz_i$ cần định trước trong không gian $x_0y_0z_0$.

Trình tự giải bài toán ngược ở đây có thể bắt đầu từ việc tính toán bộ thông số điều khiển L_{j1} để đảm bảo yêu cầu định trước đối với hệ tọa độ $x_1y_1z_1$. Tiếp theo đó tiến hành tính bộ thông số điều khiển L_{j2} và cứ thế tính đến bộ thông số điều khiển L_{jn} để đảm bảo yêu cầu định trước đối với hệ tọa độ $x_ny_nz_n$, tức là đảm bảo yêu cầu về định vị và định hướng bàn kẹp.

Mỗi bước tính đều tiến hành như đã làm đối với trường hợp thứ 4 đã xét ở trên, tức là tính theo công thức (3.3).

Đối với cơ cấu người máy phỏng sinh có $j \times n$ bậc tự do (với $j = 6$), mặc dầu việc tính toán nói trên lặp lại $6 \times n$ lần với mỗi thời điểm nhưng đó chỉ là việc thay số vào công thức (3.3) nên vẫn đảm bảo được thời gian thực trong điều khiển.

5. KẾT LUẬN

Tóm lại, trên đây đã xây dựng mô hình người máy phỏng sinh với các "khớp động cơ sinh". Đó là người máy phỏng sinh ở dạng chung nhất, bởi vì các dạng cơ cấu khác đều có thể suy ra từ đây như các trường hợp riêng. Tương ứng mô hình động học ở đây cũng là dạng tổng quát. Thuật toán để giải bài toán ngược cho trường hợp người máy phỏng sinh n bậc tự do được tiến hành theo phương pháp giải tích, nên rất thuận tiện cho việc điều khiển.

Địa chỉ:

Trường Đại học Bách khoa HN

Nhận ngày 16/6/1995

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thiện Phúc. Người máy công nghiệp và sản xuất tự động linh hoạt - NXB Khoa học và Kỹ thuật 1991.
2. Колисков А. III. Разработка и исследование промышленных работ на основе 1-координат. Станки и инструмент, № 12, 1982.
3. Fu K. S., Gonzalez R. C., Lee C. S. G. Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence Mc Graw - Hill, 1987.

SUMMARY

ANTHROPOMORPHOUS ROBOT AND KINEMATICS MODEL IN GENERAL FORM

In this paper is represented a model of anthropomorphous robot with "the biomechanical pairs". This is the general received various kinds of robot, because from here can be received various kinds of robots as the particular cases. Accordingly, the kinematics model of the robot is also represented in general form. The proposed algorithm for solving inverse problem for the anthromorphous robot with n -degrees of freedom allows to receive analytical forms for the control parameters.

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THAM SỐ ...

(tiếp theo trang 16)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Тондл А. Нелинейные колебания механических систем. Мир, 1973.
2. Тондл А. Эффект синхронизации в системах Дuffинга - Вандер-Поля. Нелинейные задачи динамики машин, Наука, 1992.
3. Nguyễn Văn Đạo. Nonlinear oscillation in system with large static deflection of elastic elements. Journal of Mechanics, NCNST of Vietnam T. XV, No 4, 1993.

SUMMARY

INFLUENCE OF DIFFERENT PARAMETERS ON DYNAMIC REPOSSES OF NONLINEAR OSCILLATIONS

By simulating on personal computer, the nonlinear oscillations with large static deflection of elastic elements have been studied. It is consider the influences of different parameters, in particular, with the numerical value of degrees of smallness. The resultes at the neighbourhood of the original position are accordant with ones of [3].