



---

**Original Article: UTILIZZANDO IL METODO MONTE CARLO NELLA ROBOTICA**

**Citation**

Novalov A.A. Utilizzando il metodo Monte Carlo nella robotica. *Italian Science Review*. 2014; 10(19). PP. 138-144.

Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/october/Novalov.pdf>

**Author**

Aleksey A. Novalov, Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky, Russia.

Submitted: September 20, 2014; Accepted: September 27, 2014; Published: October 2, 2014

**Introduzione.**

Dopo quasi 40 anni di silenzio, ancora una volta a parlare della possibilità di sviluppo di piccoli corpi del sistema solare. Prima di tutto, si tratta di missioni sulla Luna e la creazione di una base con equipaggio nelle sue regioni circumpolari. Si ritiene che la Luna è una potenziale fonte di energia, poiché è una grande quantità di elio-3, e nella zona circumpolare dovrebbe trovare l'accumulo di ghiaccio, che forniscono sostentamento base lunare. Questo progetto dovrebbe essere realizzato entro il 2030

Nella realizzazione del progetto sarà l'ampio uso di sistemi automatizzati, robot, che di solito consiste in un sistema di visione, il braccio robot con un sistema di strumento di lavoro e di controllo del manipolatore.

In questo lavoro consideriamo un collegamento tre con quattro gradi di libertà manipolatore con uno strumento di lavoro. Vista generale del manipolatore è mostrato in Figura 1 (Nakano E. 1988)

Nei problemi di progettazione e di controllo sono risolti dal manipolatore deve cinematica inversa dirigere e. Problema diretto - è calcolare le coordinate  $(x, y, z)$  dello strumento di lavoro del manipolatore sul suo schema cinematico e determinati angoli  $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$  (Figura 2) tra le

maglie del manipolatore. Il problema inverso - un calcolo di angoli  $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$  date le coordinate  $(x, y, z)$  dello strumento di lavoro e lo schema cinematico del manipolatore. L'angolo si trova in un piano orizzontale - l'angolo tra la proiezione della pala e la base asse  $y$  del sistema di coordinate.

Nel problema inverso per la descrizione dei rapporti di rotazione e traslazione tra link adiacenti manipolatore Denavit e Hartenberg suggerito metodo della matrice per la costruzione di un sistema di coordinate coerente associato ad ogni collegamento nello schema cinematico. Rappresentazione Senso Denavita-Hartenberg è la formazione di una matrice di trasformazione omogenea con le dimensioni di  $4 \times 4$  e descrive la posizione del sistema di coordinate di ciascun collegamento nel sistema di coordinate del livello precedente (Figura 3). Ciò rende possibile convertire le coordinate dell'utensile di lavoro del manipolatore dal telaio di riferimento associato al collegamento terminale nella base sistema la cui origine è nel punto di sospensione del manipolatore di coordinate. (Fu K., Gonzalez R., Lee K., 1989).

Impostare il sistema per un dato schema cinematico di coordinate si basa sulle seguenti regole (vedi Fig 3.):

1)  $z_i$  asse è diretto lungo un asse del giunto  $i$ -esimo;

2) asse  $x_i$  perpendicolare al  $z_{i-1}$  ed è diretto da esso asse;

3) asse  $y_i$  completa l'asse  $x_i$ ,  $z_i$  a destra del sistema di coordinate cartesiane.

La presentazione posizione Denavita-Hartenberg di ogni unità del sistema cinematico dipende da quattro parametri geometrici. Questi parametri descrivono completamente qualsiasi movimento di rotazione o di traslazione e sono definiti come segue:

$\alpha_i$  - attaccato l'angolo in cui è necessario ruotare l'asse  $x_{i-1}$  asse  $z_{i-1}$ , in modo che diventi la stessa direzione del  $x_i$  asse (il segno è determinato secondo la regola della mano destra);

$d_i$  - la distanza tra l'intersezione dell'asse  $z_{i-1}$   $x_i$  asse e l'inizio del ( $i$  1) esimo sistema di coordinate misurate lungo l'asse  $z_{i-1}$ ;

AI - spostamento lineare - la distanza tra l'intersezione dell'asse  $z_{i-1}$  asse con  $x_i$  e l'inizio del  $i$ -esimo sistema di coordinate, misurata lungo l'asse  $x_i$ , ossia la distanza minima tra gli assi  $z_{i-1}$  e  $z_i$ ;

$\theta_i$  - spostamento angolare - l'angolo in cui è necessario ruotare l'asse  $z_{i-1}$  asse  $x_i$ , a diventare co-direzionale con l'asse  $z_i$  (il segno è determinato secondo la regola della mano destra). (Shahinpur M., 1990).

La disposizione reciproca delle unità vicine descritti da una matrice di trasformazione omogenea di dimensione  $4 \times 4$ . Parametri sistemi di unità considerate manipolatore (Figura 3) coordinate sono riassunti nella Tabella 1.

dove  $d_2, d_3$  - distanza tra le unità 1-2 e 2-3, rispettivamente del manipolatore,  $L_1, L_2, L_3$  - le lunghezze dei segmenti 1, 2, 3 del manipolatore (vedi figura 6), rispettivamente. (Shangin ES, 2005).

Dopo aver costruito i sistemi di coordinate per tutte le unità costruite matrice di trasformazione omogenea che collegano l' $i$ -esimo e ( $i$  1) esimo sistema di coordinate (1).

Per un manipolatore a tre livelli identificati quattro matrici  ${}^{i-1}A_i$  corrispondenti a quelli mostrati nella figura

3, il sistema di coordinate. Queste matrici sono presentati qui di seguito (Porev V.N., 2004). (2); (3); (4); (5).

La matrice di trasformazione totale  $T = {}^0A_4$  per tre livelli manipolatore è ottenuto successive moltiplicazione dei quattro matrici  $i-1A_i$  (6)

Nel così ottenuto matrice  $T$ , gli elementi delle prime tre righe della quarta colonna sono le coordinate del uscita del manipolatore nel sistema di coordinate di base, vale a dire: (7)

Il sistema di equazioni (7) è determinata dagli angoli ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ), fornendo la conclusione dello strumento di lavoro nel punto specificato. Come si vede, il sistema di equazioni (7) risolto per gli angoli non è possibile. Per determinare gli angoli che abbiamo usato il metodo Monte Carlo (Sobol I.M. metodo Monte Carlo), un metodo numerico di risolvere i problemi regolando i parametri del modello.

Il problema di determinare gli angoli tra i legami del metodo Monte Carlo è realizzata in due fasi. Nella prima fase:

1. Disegno Produzioni angoli  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  nell'intervallo:

$$\alpha_1 \in [0^\circ; 90^\circ]; \alpha_2 \in [0^\circ; 180^\circ]; \alpha_3 \in [0^\circ; 180^\circ]$$

l'angolo  $\alpha_4$  calcolato dalla seguente formula  $\alpha_4 = 90^\circ + (\alpha_2 - \theta) - \alpha_3$ , dove  $\theta$  - l'angolo tra R e la sua proiezione (Figura 2).

Con (17) sono determinati valori ( $x, y, z$ ) l'uscita del manipolatore coordinare e controllare la condizione di ottenere i valori ottenuti a margine: (8)

Se le condizioni (18), gli angoli  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  sono registrate nel campione corrispondente, altrimenti - hanno effettuato ripetute disegno angoli.

2. Formata dalle condizioni (8) 3 campioni da 10 del  $\alpha_1$  angoli,  $\alpha_2, \alpha_3$  in ogni, determinare  $\overline{\alpha_1}; \overline{\alpha_2}; \overline{\alpha_3}$  il valore medio, e quindi ridefinito i limiti di un angolo:

$$\alpha_1 \in [\bar{\alpha}_1 - 4^\circ; \bar{\alpha}_1 + 4^\circ];$$

$$\alpha_2 \in [\bar{\alpha}_2 - 4^\circ; \bar{\alpha}_2 + 4^\circ];$$

$$\alpha_3 \in [\bar{\alpha}_3 - 4^\circ; \bar{\alpha}_3 + 4^\circ].$$

3. Quindi, le condizioni (18) sono formate 4 campione di 1.000 del  $\alpha_1$  angoli,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  in ciascuno determinato valori medi, che sono i valori  $\bar{\alpha}_1; \bar{\alpha}_2; \bar{\alpha}_3; \bar{\alpha}_4$  desiderati degli angoli tra le maglie del manipolatore.

Per testare l'algoritmo è stato scritto un programma con cui calcolare gli angoli tra i legami. Le coordinate dei punti in cui le conclusioni dello strumento di lavoro, gli angoli tra i legami e l'errore nella determinazione degli angoli sono riassunti nella Tabella 2.

Le ultime quattro colonne della tabella 2 contengono l'errore standard nella determinazione degli angoli. Gli angoli sono in gradi.

Conclusione.

In questo lavoro la cinematica diretta ed inversa di manipolatori. Abbiamo determinato i parametri di link e articolazioni del manipolatore, e di descrivere la posizione delle unità è stata determinata dalla matrice di trasformazione omogenea dimensione  $4 \times 4$ . Sulla base della presentazione Denavit-Hartenberg, per tre livelli manipolatore, una matrice di trasformazione generale che per risolvere il

problema della cinematica inversa. Per risolvere il problema inverso utilizzata una procedura Monte Carlo, che semplifica notevolmente la soluzione del sistema di equazioni per gli angoli tra i legami. Rappresentazione Denavit-Hartenberg in combinazione con il metodo Monte Carlo permette di risolvere il problema della cinematica inversa per una vasta gamma di cinematica di manipolatori.

#### References:

1. Nakano E. 1988. Introduction to robotics. pp 7-29.
2. Novalov A.A., Nikitushkin R.A., Boldacheva L.A. 2010. Defining the parameters of the rotation matrix Monte Carlo method in the processing of video images of Phobos. Herald Federal State Unitary Enterprise NPO. P. 40-48.
3. Porev V.N. 2004. Computer Graphics. St. Petersburg. pp 69-71.
4. Sobol I.M. 1968. Monte Carlo method. 64 p.
5. Fu K., Gonzalez R., Lee K. 1989. Robotics: Per. Translated from English. pp 29-62.
6. Hudson D. 1967. Statistics for physicists. pp 32.
7. Shangin E.S. 2005. Management of robots and robotic systems: Lectures 1-5, Ufa.
8. Shahinpur M. 1990. Robotics Course. pp 73-158.

Figura 1. Vista generale del manipolatore

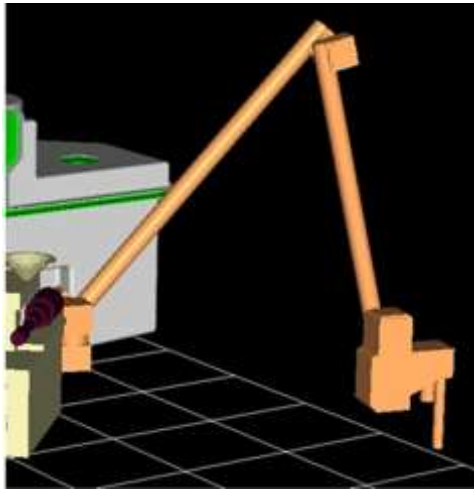


Figura 2. Cinematica Manipulator

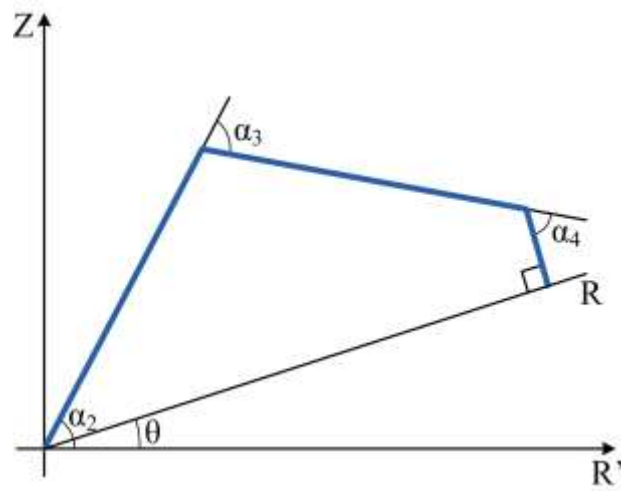


Figura 3. Impostare il sistema di coordinate per il manipolatore

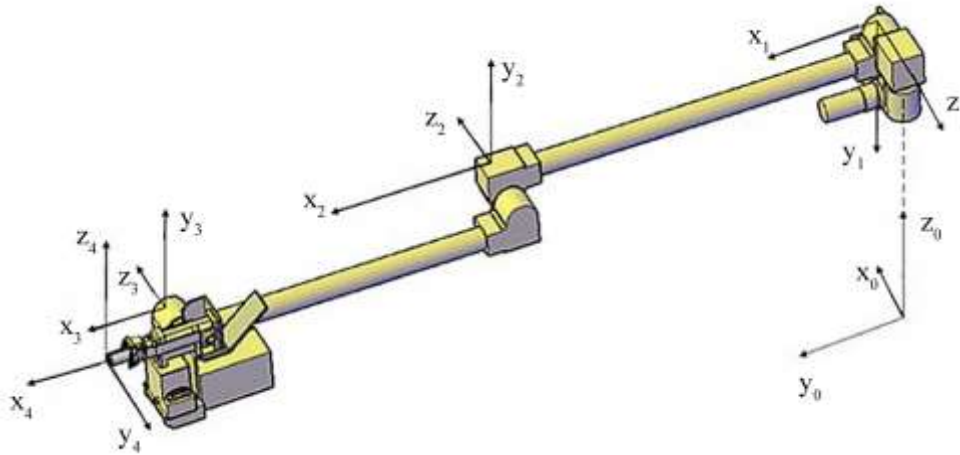


Tabella 1

Sistemi di coordinate

I parametri del manipolatore coordinate unità di sistema					
Giunto i	$\alpha_i$	$\theta_i$	$a_i$	$d_i$	Limiti di misura
1	$\alpha_1$	$-90^\circ$	0	0	$[0;90^\circ]$
2	$\alpha_2$	$180^\circ$	L1	d2	$[0;180^\circ]$
3	$\alpha_3$	0	L2	d3	$[0;180^\circ]$
4	$\alpha_4$	$-90^\circ$	L3	0	

Tabella 2

I risultati del test dell'algorithmo

Punto	x (mm)	y (mm)	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$	$\sigma 1$	$\sigma 2$	$\sigma 3$	$\sigma 4$
1	193,2	51,8	17,01	90,21	27,39	152,41	0,495	0,449	0,228	0,511
2	386,4	103,5	15,99	71,62	52,47	145,91	0,254	0,259	0,235	0,284
3	579,6	155,3	15,67	55,22	81,69	133,09	0,167	0,204	0,286	0,229
4	772,7	207,1	15,51	35,51	120,34	114,16	0,122	0,235	0,431	0,262
5	141,4	141,4	46,99	90,19	27,39	152,42	0,495	0,431	0,239	0,495
6	282,8	282,8	46,01	71,63	52,45	145,92	0,246	0,256	0,242	0,284
7	424,3	424,3	45,66	55,23	81,69	133,07	0,159	0,204	0,293	0,235
8	565,7	565,7	45,50	35,48	120,38	114,14	0,126	0,236	0,439	0,266
9	51,8	193,2	77,01	90,21	27,41	152,39	0,511	0,441	0,226	0,496
10	103,5	386,4	76,02	71,62	52,48	145,91	0,251	0,255	0,248	0,288
11	155,3	579,5	75,67	55,25	81,67	133,08	0,166	0,198	0,283	0,231
12	207,1	772,7	75,49	35,51	120,35	114,15	0,122	0,232	0,426	0,261
$\bar{\sigma} =$							0,259	0,283	0,298	0,321

$${}^{i-1}A_i = T_{z,d} \times T_{z,\alpha} \times T_{x,a} \times T_{x,\theta} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \alpha_i \\ \sin \alpha_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & a_i \sin \alpha_i \\ 0 & \sin \theta_i & \cos \theta_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$${}^0A_1 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_1) & 0 & -\sin(\alpha_1) & 0 \\ \sin(\alpha_1) & 0 & \cos(\alpha_1) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$${}^1A_2 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_2) & \sin(\alpha_2) & 0 & L1 \cdot \cos(\alpha_2) \\ \sin(\alpha_2) & -\cos(\alpha_2) & 0 & L1 \cdot \sin(\alpha_2) \\ 0 & 0 & -1 & d2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$${}^2A_3 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_3) & -\sin(\alpha_3) & 0 & L2 \cdot \cos(\alpha_3) \\ \sin(\alpha_3) & \cos(\alpha_3) & 0 & L2 \cdot \sin(\alpha_3) \\ 0 & 0 & 1 & d3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$${}^3A_4 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_4) & 0 & -\sin(\alpha_4) & L3 \cdot \cos(\alpha_4) \\ \sin(\alpha_4) & 0 & \cos(\alpha_4) & L3 \cdot \sin(\alpha_4) \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= d3 \cdot \sin(\alpha_1) - d2 \cdot \sin(\alpha_1) + L1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2) + \\ &+ L3 \cdot \cos(\alpha_4) \cdot [\cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) + \\ &+ \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3)] - L3 \cdot \sin(\alpha_4) \times \\ &\times [\cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) - \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_3) \times \\ &\times \sin(\alpha_2)] + L2 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) + \\ &+ L2 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3), \\ y &= d2 \cdot \cos(\alpha_1) - d3 \cdot \cos(\alpha_1) + L1 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1) + \\ &+ L3 \cdot \cos(\alpha_4) \cdot [\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_1) + \sin(\alpha_1) \times \\ &\times \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3)] - L3 \cdot \sin(\alpha_4) \cdot [\cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1) \times \\ &\times \sin(\alpha_3) - \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2)] + \\ &+ L2 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_1) + \\ &+ L2 \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3), \\ z &= -[ L2 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) - L1 \cdot \sin(\alpha_2) - \\ &- L2 \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_2) + L3 \cdot \cos(\alpha_4) \times \\ &\times (\cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) - \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_2)) + \\ &+ L3 \cdot \sin(\alpha_4) \cdot (\cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) + \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3)) ]. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_{\text{теор}} - \Delta x \leq x_{\text{практ}} \leq x_{\text{теор}} + \Delta x, \\ y_{\text{теор}} - \Delta y \leq y_{\text{практ}} \leq y_{\text{теор}} + \Delta y, \\ z_{\text{теор}} - \Delta z \leq z_{\text{практ}} \leq z_{\text{теор}} + \Delta z. \end{cases} \quad (8)$$