

# هشتمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران

ISCEE2004

## دانشگاه شهید باهنر کرمان

[mohammad\\_askarpour@yahoo.com](mailto:mohammad_askarpour@yahoo.com)

محمد عسکریپور

دانشگاه صنعتی شیراز

[snkt20@yahoo.com](mailto:snkt20@yahoo.com)

نورالدین کشاورز

دانشگاه صنعتی شیراز

### محاسبه حرکت شناسی ربات صنعتی با استفاده از روش ماتریسی

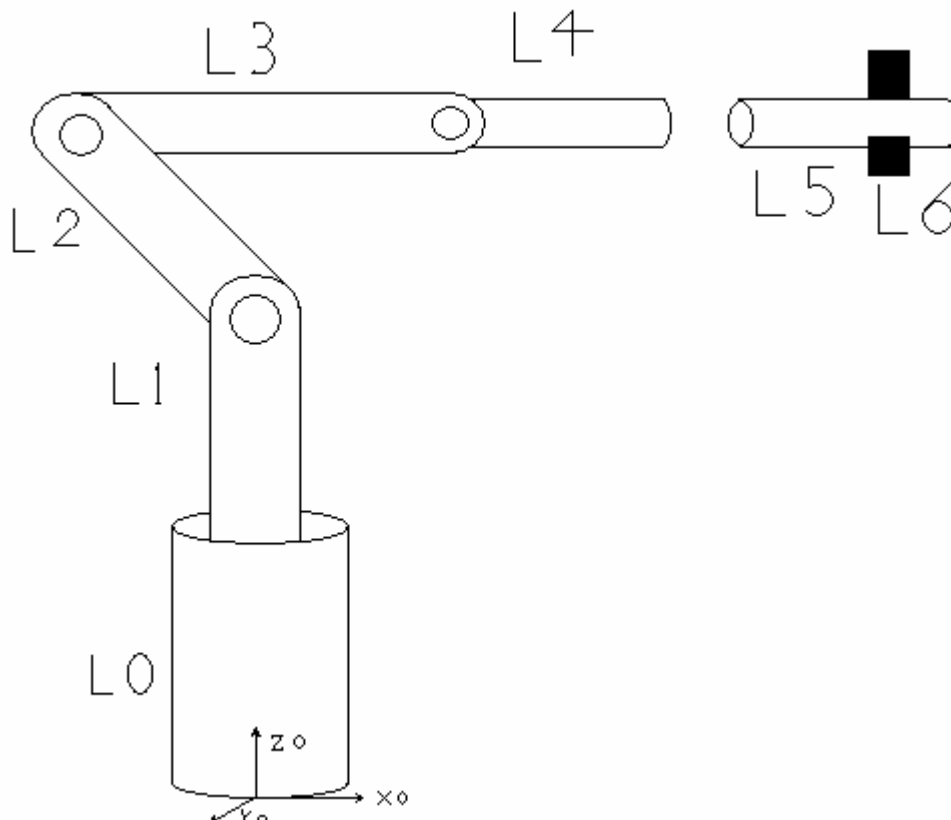
#### چکیده:

پیچیدگی مدل سازی ریاضی ربات زمانی که درجه آزادی آن بالا می رود افزایش می یابد. حتی تبدیل مستقیم (forward transform) که بدست آوردن محورهای مختصات موثر نهائی (end effector) و موثر نقطه ابزار (tcp) که تکنیک نسبتاً ساده ای است با بالا رفتن درجه آزادی ربات کار پیچیده ای خواهد شد. احتمال دارد تبدیل معکوس (inverse transform) یعنی بدست آوردن زوایای مفصل ها با استفاده از محورهای مختصات مرکز ابزار (tcp) - که نیاز به محاسبات بیشتر و پیچیده تری دارد - استفاده از علم ماتریسی در حل و مدل سازی رباتی که بیشتر از پنج درجه آزادی دارد مطلوب تر می باشد.

وقتی از روش ماتریسی استفاده می کنیم اولین حرکت مشخص کردن مختصات میدان و  $x, y, z$  بر روی هر یک از بازوهای ربات هست زیرا مختصات روی بازوهای ربات در اثر حرکت دورانی (rotate) و یا حرکت انتقالی که مفصل های ربات انجام می دهند تغییر می کنند چون اگر کارتین یک نقطه بر روی بازو را نسبت به یک میدان مشخص بدانیم مانند نقطه tcp می توانیم با استفاده از ماتریس های تبدیلی (transformation matrixes) تغییر نسبی یکی از مختصات ها را نسبت به مختصات بعدی پیدا کنیم. بدین ترتیب به تعداد بازوهای ربات میتوان ماتریس هایی را ایجاد کرد که هر کدام مشخص کننده اطلاعات لازم مربوط به یک نقطه اتصال از مجموعه مفصل های ربات باشد.

#### مقدمه:

یک حالت دلخواه و اختیاری (arbitrary) زیرا در نظر می گیریم و کاربرد روش ماتریسی را بر روی یک ربات صنعتی که دارای پنج درجه آزادی است مورد بررسی قرار می دهیم:



در این شکل بازوی در این شکل بازوی L0 ثابت بوده و ربات در این محور عمود قابلیت چرخش دارد میدان مختصات (Xi,Yi,Zi) بر روی هر بازو طبق قاعده زیر پایه گذاری شده است.

۱. مختصات Zi در امتداد محور اتصال که قابلیت حرکت دارد قرار میگیرد.

۲. مختصات Xi بر مختصات Zi عمود است و جهت آن به سمت بیرون است.

۳. مختصات Yi کامل کننده قانون دست راست (right hand rule) است.

بدین ترتیب میدان صفر (0) به میز یا زمین ثابت میشود و بازوی L1 در مسیر Z1 با زاویه  $\theta_1$  و بازوی L2 با زاویه  $\theta_2$  و بازوی L3 در مسیر Z3 با زاویه  $\theta_3$  قابلیت گردش دورانی دارند. بازوی L5 و L4 به هم متصل بوده و به نحوی که زاویه  $\theta_4$  باعث گردش هر دو بازوی L4 و L5 در محور Z4 می شود و بالاخره بازوی L6 در محور Z5 با زاویه  $\theta_5$ ، قابلیت دورانی دارد.

با بررسی شکل می توان به این نتیجه رسید که برای منطبق (concidence) کردن میدان (0) با میدان (1) با استفاده از تئوری دناویت – هارتنبرگ (Denavit\_ Hartenberg) باید:

۱. میدان یک با زاویه  $\theta_1$  در مسیر مثبت در محور Z1 دوران نماید.

۲. میدان یک در امتداد  $b1=L0+L1$  انتقال یابد.

۳. میدان یک احتیاج به انتقال در مسیر X2 ندارد.  $a1=0$

۴. میدان یک به اندازه ۹۰ درجه در مسیر محور X2 دوران نماید.

در نتیجه ماتریس تبدیل بین دو مفصل مجاور، بصورت زیر خواهد بود:

$$H_{i,i+1} = H(\theta_i) * H(b_i) * H(a_i) * H(\alpha_i)$$

سپس ماتریس H هر یک از مفصلهای ربات ( $H_{0,1}$   $H_{1,2}$   $H_{2,3}$   $H_{3,4}$ ) را بدست می آوریم که در نهایت داریم:

$$H_{tap} = H_{0,4} = H_{0,1} * H_{1,2} * H_{2,3} * H_{3,4}$$

$C1 * C234$	$-C1 * S234$	$S1$	$C1 * (L2 * C2 + L3 * C23 + L4 * C234)$
$S1 * C234$	$-S1 * S234$	$-C1$	$S1 * (L2 * C2 + L3 * C23 + L4 * C234)$
$S234$	$C234$	$0$	$L0 + L1 + L2 * S2 + L3 * S23 + L4 * S234$
$0$	$0$	$0$	$1$

از قسمت tap تا tcp از دو بازوی از دو بازوی L5, L6 که تشکیل دهنده ابزار در این ربات است و به صورت یک گیرنده (gripper) عمل می کند و همانطور که قبلا گفته شد، بازوی L5 با زاویه  $\theta_4$  و بازوی L6 با زاویه  $\theta_5$  گردش کرده و در تمام زمان بر هم عمود هستند. پس ماتریس تبدیل برای گیرنده عبارت است از:

$1$	$0$	$0$	$L5$
$0$	$-S5$	$-C5$	$-L6 * C5$
$0$	$C5$	$-S5$	$-L6 * S5$
$0$	$0$	$0$	$1$

$$S1 = \sin \theta_1$$

$$C1 = \cos \theta_1$$

$$S23 = S(2-3) = S2 * C3 - S3 * C2$$

$$C23 = C(2-3) = C2 * C3 + C2 * C3$$

$$S234 = S(2-3+4)$$

$$C234 = C(2-3+4)$$

از آنجا که ماتریس تبدیل کلی H برای ربات بصورت زیر است.

$$H = H_{tap} * H_{gripper}$$

$N_x$	$S_x$	$A_x$	$P_x$
$N_y$	$S_y$	$A_y$	$P_y$
$N_z$	$S_z$	$A_z$	$P_z$
$0$	$0$	$0$	$1$

$$N_x = C1 * C234$$

$$N_y = S1 * C234$$

$$N_z = S234$$

$$S_x = S5 * C1 * S234 + S1 * S5$$

$$S_y = S5 * S1 * S234 - C1 * C5$$

$$S_z = -S5 * C234$$

$$A_x = C5 * C1 * C234 - S1 * S5$$

$$A_y = C1 * S1 * C234 - C1 * S5$$

$$A_z = -C5 * C234$$

$$P_x = L5 * C1 * C234 + L6 * C5 * C1 * C234 - L6 * S5 * S1 + C1 * (L2 * C2 + L3 * C23 + L4 * C234)$$

$$P_y = L5 * S1 * C234 + L6 * C5 * S1 * S234 + L6 * S5 * C1 + S1 * (L2 * C2 + L3 * C23 + L4 * C234)$$

$$P_z = L5 * S234 - L6 * C5 * C234 + L0 + L1 + L2 * S2 + L3 * S23 + L4 * S234$$

همانطور که قبلا نیز گفته شد  $P_x, P_y, P_z$  بردارهای مکانی هستند که:

نقطه مرکز ابزار در محور X برابر است با  $P_x$

نقطه مرکز ابزار در محور Y برابر است با  $P_y$

نقطه مرکز ابزار در محور Z برابر است با  $P_z$

