

به نام خدا

مقدمه ای بر هندسه رباتیک و حرکت شناسی

هدف این فصل، معرفی اصطلاحات علمی پایه و نماد سازی استفاده شده در هندسه رباتیک و حرکت شناسی و بحث کردن روش های استفاده شده برای کنترل و تحلیل ربات دست ماشینی است. دامنه ی این بحث محدود خواهد بود. در بیشتر قسمت ها برای ربات هایی با هندسه ۲ وجهی (مسطح)، تحلیل دست ماشینی با هندسه سه بعدی در هر یک از متن های رباتیک قابل کشف است.

تعدادی تعریف و مثال:

میتوانیم سیستم مکانیکی را برای تشریح یک سیستم یا مجموعه ای از بدنه های محکم یا انعطاف پذیر استفاده کنیم که ممکن است بوسیله ی مفصلها ب هم متصل شده باشند. مکانیزم یک سیستم مکانیکی است که هدف اصلی آن جابجایی حرکت و یا شدت از یک منبع یا بیشتر ب یک یا خروجی های بیشتر را دارد.

Linkage (حلقه های زنجیره) یک سیستم مکانیکی مشتمل بر اجسام صلب که **link** (حلقه) نامیده میشود است که هم بوسیله ی مفصل های میله ای یا مفصلهای لغزشی ۴ چوب متحرک متصل شده اند. در این قسمت میتوانیم سیستم مکانیکی را که شامل اجسام صلب است در نظر بگیریم. اما هم چنین گونه های دیگری از مفصلها را در نظر خواهیم گرفت.

درجه آزادی یک سیستم:

تعداد متغیر های مستقل (یا مختصات ها) کاملاً تعیین کردن شکل سیستم مکانیکی احتیاج دارد.

در حالیکه در تعریف بالا از تعداد درجه آزادی به تشریح یا تحلیل سیستم مکانیکی انگیزه شده، احتیاج دارد. هم چنین برای کنترل یا راندن یک سیستم مکانیکی بسیار مهم است. هم چنین تعداد قدرت ورودی های مستقل احتیاج دارد تا تمام اجسام صلب سیستم مکانیکی را براند.

مثال ها:

(A) یک نقطه روی هواپیما (سطح) ۲ درجه آزادی دارد. یک نقطه در فضا ۳ درجه آزادی دارد.

(B) یک آونگ محدود شده ب نوسان در یک هواپیما ۱ درجه آزادی دارد.

(C) یک جسم صلب دو وجهی (یا ورقه (لایه نازک)) ۳ درجه آزادی دارد. ۲ تا وجود دارد اگر انتقال ها را در نظر بگیرید و یکی اضافه. وقتی حرکت وضعی را شامل کنید.

(D) سیستم مکانیکی مشتمل از ۲ بدنه سخت دو وجهی متصل شده بوسیله مفصل میله ای، ۴ درجه آزادی دارد. مشخص کردن موقعیت و جهت گیری جسم صلب اول ۳ متغیر احتیاج دارد. از انجایی ک دومی وابسته را ب اولی میچرخاند، به یک متغیر اضافی برای تشریح حرکتش نیاز داریم. بنابر این تعداد کل متغیرهای مستقل، یا تعداد درجه آزادی ۴ است.

(e) جسم صلب در ۳ بعدی ۶ درجه آزادی دارد. ۳ درجه برای آزادی چرخشها وجود دارد. بعلاوه ۳ روش متفاوت وجود دارد ک میتوانید یک بدنه سخت را بچرخاند. برای مثال چرخش را حول محور $X.Y.Z$ در نظر بگیرید. بنظر می رسد ک هر یک از چرخشهای جسم صلب، می تواند بوسیله ی چرخش مازاد حول محور $X.Y.Z$ کامل شود. اگر ۳ زاویه برگردان، متغیر هایی که برگردان بدنه سخت را تشریح میکند در نظر گرفته شود، ۳ درجه آزادی برگردان مشهود خواهد بود.

(F) ۲ جسم صلب در ۳ بعدی متصل شده بوسیله مفصل میله ای ۷ درجه آزادی دارد. مشخص کردن موقعیت و جهت گیری اولین بدنه سخت ۶ متغیر احتیاج دارد. از انجایی که دومی وابسته به اولی میچرخد، به یک متغیر اضافی برای تشریح حرکت ان احتیاج داریم. بنابراین، تعداد کل متغیرهای مستقل یا درجه آزادی ۷ است.

زنجیره جنبش شناسی:

یک سیستم از بدنه های محکم متصل شده ب یکدیگر بوسیله مفصلها، یک زنجیره بسته نامیده میشود. اگر یک حلقه بسته تشکیل دهد، یک زنجیره ک بسته نباشد زنجیره باز نامیده میشود.

زنجیره ترتیبی:

اگر هر حلقه از زنجیره باز به استثنا اولین و آخرین حلقه، ب ۲ حلقه دیگر متصل شده باشد (حلقه ترتیبی) مینامیم.

یک مثال از زنجیره ترتیبی میتواند در الگوی سری ربات PUMA دیده شود، یک ربات صنعتی تولید شده بوسیله شرکت..... نشان داده شده در شکل ۱.

بدنه اصلی به یک میز محکم چفت شده. شانه در حول یک محور عمودی نسبت به بدنه اصلی میچرخد. بازوی بالایی در حول یک محور افقی نسبت به کتف میچرخد. این چرخش، چرخش مفصل شانه است. بازوی جلویی در حول یک محور افقی (آرنج) با توجه به بازوی بالایی میچرخد. در نهایت، مچ شامل یک اجتماع از سه بدنه محکم با سه چرخش اضافی میشود.

بنابراین بازوی ربات از سه بدنه محکم (اولی محکم است) و شش مفصل متصل به بدنه محکم شامل میشود

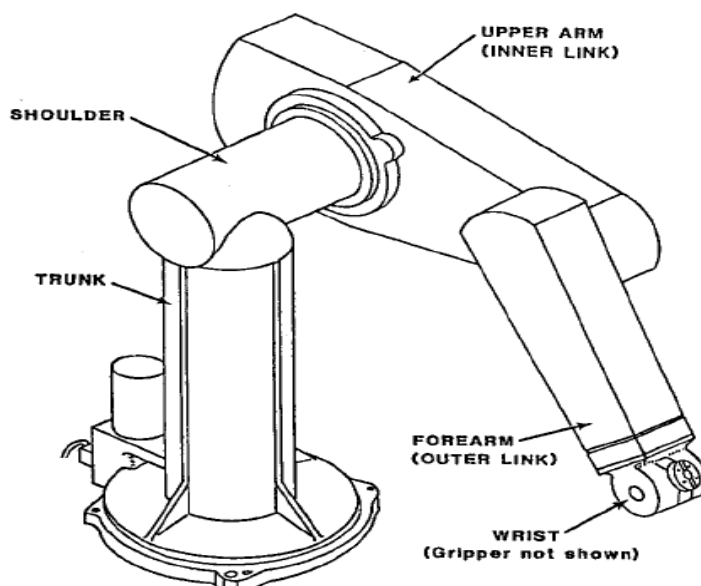


Figure 1 The six degree-of-freedom PUMA 560 robot manipulator.

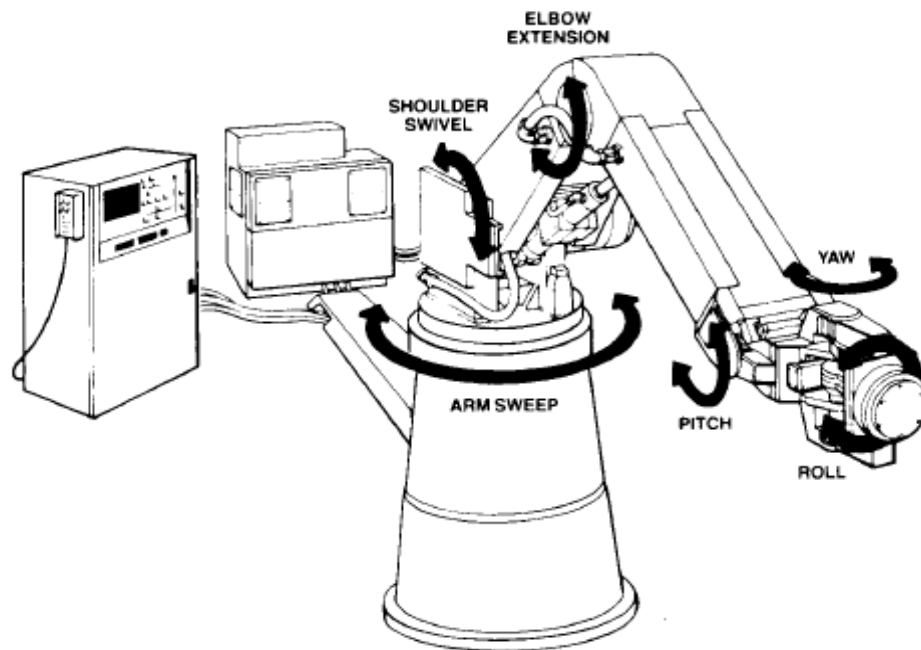


Figure 2 The six degree-of-freedom T3 robot manipulator.

انواع مفصلها:

عمدتاً ۴ نوع از مفصلها وجود دارند که در ربات های دست ماشینی یافت میشوند.

* پیچیده گردان یا مفصل میله ای®

* منشوری یا مفصل لغزشی

* کره ای یا مفصل توپی

* حلزونی یا مفصل پیچی

مفصل پیچیده یک چرخش بین ۲ حلقه را می پذیرد. بهترین مثال از این، مفصل لولایی است که در متصل کردن درب ۴ چوب استفاده می شود. مفصل منشوری یک حرکت انتقالی محض را بین ۲ حلقه متصل می پذیرد.

ارتباط بین یک پیستون و یک سیلندر در یک موتور احتراق داخلی یا کمپرسور، ب وسیله مفصل منشوری است. مفصل کره ای بین ۲ حلقه، ب اولین حلقه اجازه می دهد تا در همه راه های ممکن با توجه ب دومی بچرخد. بهترین مثال از این در بدن انسان دیده شده است.

مفاصل شانه و مفاصل ران، ک مفاصل کره چشم و کاسه چشم نامیده می شوند مفاصل کره ای هستند. مفاصل حلزونی، یک حرکت حلزونی بین ۲ بدنه متصل را اجازه می دهد. یک مثال خوب از این، حرکت نسبی بین یک توپ پارچه و مهره است.

زنجره دو وجهی:

تمام حلقه های یک زنجره ۲ وجهی، مجبور هستند که داخل یا ب موازات سطح صاف مشابه حرکت کنند.

زنجره دو وجهی میتواند فقط به مفاصل پیچیده یا منشوری اجازه دهد. در حقیقت، محورهای مفاصل پیچیده باید عمود بر سطح زنجره باشد در حالیکه محور مفاصل منشوری باید موازی یا تمام شده بر سطح زنجره باشد.

یک مثال از زنجره دو وجهی در شکل ۳ نشان داده شده. تقریباً همه موتورهای احتراق داخلی، یک مکانیزم هندل لغزنده را استفاده می کنند. فشار بالای ناشی از گازهای فشرده شده در خزانه لوله احتراق در برگردان پیستون استفاده می شود و مکانیزم این برگردان حرکت را ب حرکت چرخشی هندل تبدیل میکند. این سیستم مکانیکی شامل ۳ مفصل پیچیده و یک مفصل منشوری است. مثال در شکل ۳ یک زنجره حرکتی بسته دو وجهی است. مثالهای زنجره پیایی دو وجهی در شکل ۴ و ۵.

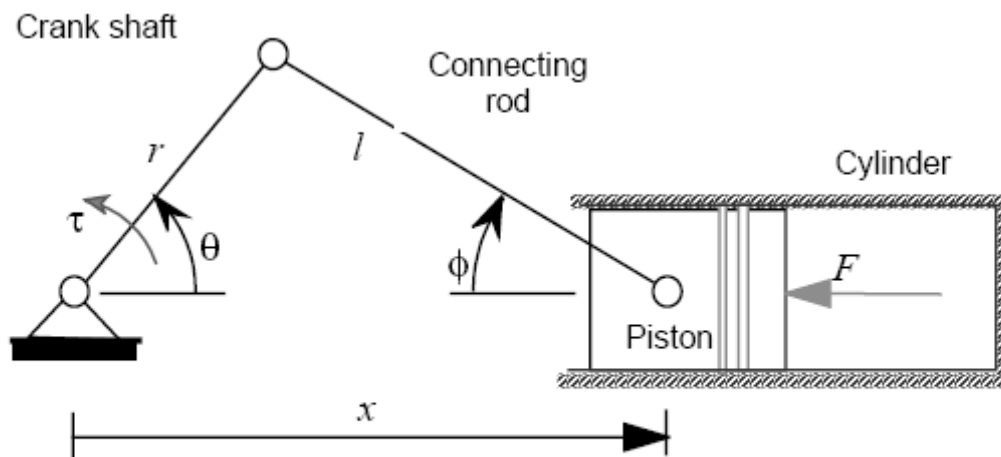


Figure 3 A schematic of a slider crank mechanism

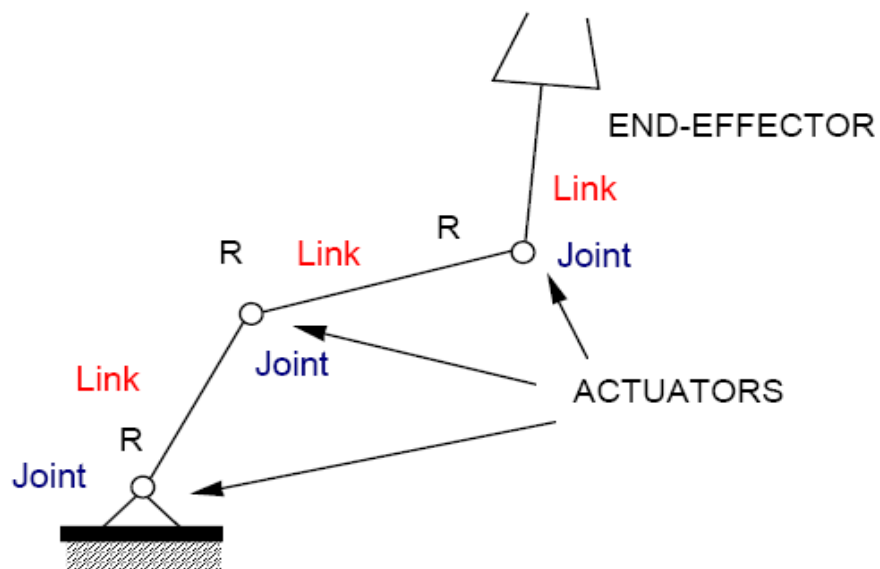


Figure 4 A schematic of a planar manipulator with three revolute joints

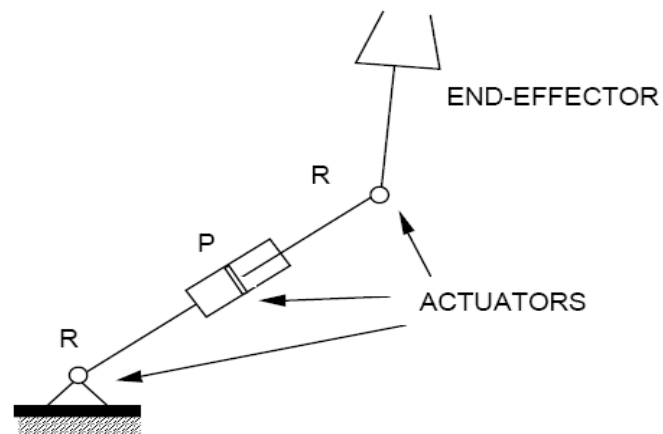


Figure 5 A schematic of a planar manipulator with two revolute and one prismatic joints

تحرک:

تحریک یک زنجیره تعداد درجه آزادی های یک زنجیره است. بیشتر کتابها عبارت "تعداد درجه آزادی" را برای تحرک استفاده می کنند. در یک زنجیره ی پیاپی, تحرک زنجیره ب اسانی محاسبه می شود. اگر n مفصل وجود داشته باشد و مفصل i یک اتصال f_i داشته باشد.

$$M = \sum_{i=1}^n f_i$$

بیشتر ربات های صنعتی, مفصل پیچیده یا منشوری دارند و بنابراین تحرک یا تعداد درجه های آزادی باز ربات همچنین برابر با تعداد مفاصل است. گاهی اوقات n درجه آزادی یک ربات یا یک ربات با تحرک n , همچنین ربات n محور نامیده می شود.

از انجایی که جسم صلب در فضا ۶ درجه آزادی دارد, کلی ترین ربات های طراحی شده اند تا ۶ مفصل داشته باشند. در این راه, انتهای بردار یا حلقه ای که دور تر از پایه است نمیتواند ساخته شود تا هر موقعیت یا جهت گیری را (در طول محدوده) فرض کند. اگرچه انتهای بردار, احتیاج دارد تا حول یک سطح حرکت کند ربات فقط احتیاج به ۳ درجه آزادی دارد. ۲ مثال از ۲ وجهی ها, ربات های ۳ درجه آزادی (ربات های ۳ حرکتی) در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است.

زمانی که حلقه ها در زنجیره حرکتی (جنبشی) حاضر هستند, عبارت دیگر (زنجیره دیگر متوالی یا باز نیست) بسیار سخت است که تعداد درجات آزادی یا تحرک ربات را تعیین کرد. اما یک فرمول ساده وجود دارد که میتوان برای این هدف استخراج کرد. بگذارید n تعداد حلقه های محرک باشد و g تعداد مفصلها ها. با f_i بعنوان اتصال مفصل. اگر ما حرکت های ۳ بعدی را در نظر بگیریم, هر بدنه محکمی ۶ درجه دارد. اگر هیچ مفصلی نبود, از انجایی که n جسم صلب محرک وجود دارد, سیستم $6n$ درجه آزادی خواهد داشت.

تأثیر هر مفصل اینست که حرکت اضافه از دو بدنه متصل را متوقف کند. اگر مفصل یک اتصال f_i دارد، آن $(6-f_i)$ فشار را روی حرکات اضافی تحمیل میکند. بعبارت دیگر، از انجایی که f_i روشهای مختلف برای یک بدنه وجود دارد تا حرکات اضافی را ب دیگری منتقل کند، $(6-f_i)$ روشهای مختلف وجود دارد که در آن بدنه از حرکت وابسته (اضافی) به دیگری توقیف شده است. بنابر این، تعداد درجات آزادی یا تحریک یک زنجیره (که شامل نمونه ای خاص از یک زنجیره ی پیایی است) داده شده است.

شکل ۶: یک دست ماشین هم سوی دو وجهی.

$$M = 6n - \sum_{i=1}^g (6 - f_i)$$

or,

$$M = 6(n - g) + \sum_{i=1}^g f_i \quad (2)$$

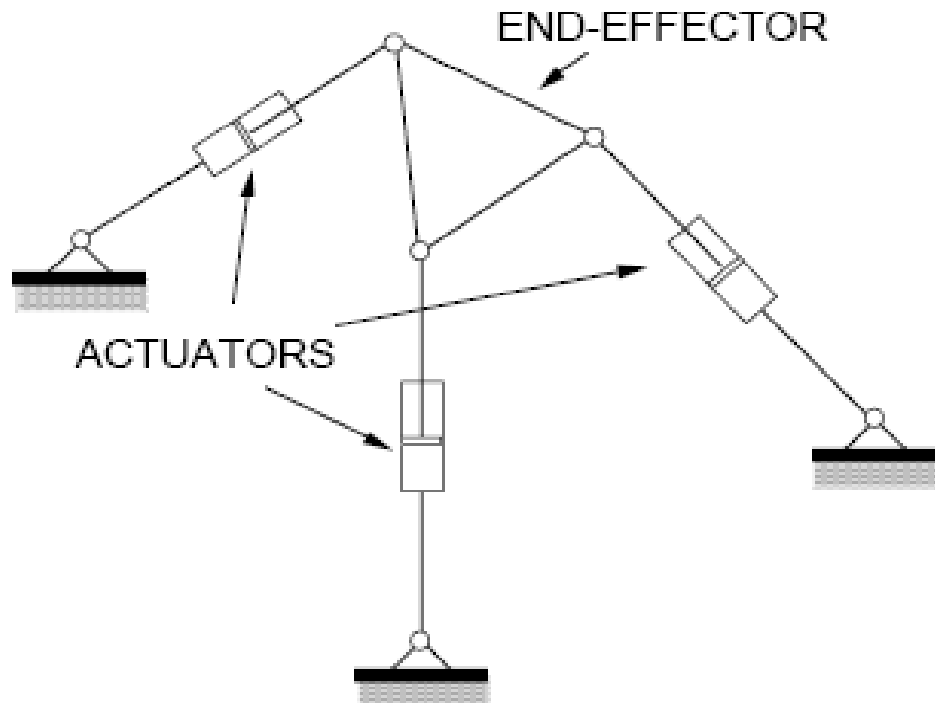


Figure 6 A planar parallel manipulator.

در مورد خاص حرکت دو وجهی، از انجایی که هر جسم صلب اختیاری ۳ درجه آزادی دارد، این معادله اصلاح میشود با:

$$M = 3(n - g) + \sum_{i=1}^g f_i \quad (3)$$

مثال ۱: در شکل ۴ و ۵، از انجایی که $n=g=3$ است، معادله ۳ ب مورد خاص معادله ۱ کاهش می یابد. و از انجایی که $m=g, f_1=f_2=f_3=1$

مثال ۲: در سر مکانیسم پیچ و خم نشان داده شده در شکل ۳ $g=4, n=3$ از انجایی که این مکانیزم ۲ وجهی است، ما معادله ۲ را استفاده میکنیم. تمام مفصلها اتصال ۱ دارند.
مثال ۳: **manipulator** (دست ماشینی) همسوی نشان داده شده در شکل ۶ را در نظر بگیرید. اینجا

$$n = 7, g=9, \text{ and } f_i=1$$

بر اساس معادله ۳ $M=3$