

فصل ۸

طراحی مکانیزم دستکاری

- وظایفی که یک ربات می‌تواند انجام دهد نیز بسیار متفاوت است و به طراحی آن بستگی دارد.
- عناصر یک سیستم ربات تقریباً به چهار دسته تقسیم می‌شوند:
- ۱. بازوی مکانیکی ربات از جمله حسگرهای داخلی یا حس عمقی آن.
- ۲. ابزار انتهایی یا انتهای بازو.
- ۳. حسگرها و عوامل خارجی، مانند سیستم‌های بینایی و غیره.
- ۴. کنترل کننده

• طراحی بر اساس الزامات کار

اگرچه روبات‌ها اسماً ماشین‌هایی هستند که قابلیت برنامه‌ریزی جهانی را دارند انجام طیف گسترده‌ای از وظایف، صرفه جویی و عملی است که متفاوت است. بازوهای مکانیکی برای انواع خاصی از وظایف طراحی شده‌اند. به عنوان مثال، روبات‌های بزرگ قادر به جابجایی محموله‌های صدها پوندی معمولاً این را ندارند.

قابلیت قرار دادن قطعات الکترونیکی در بردهای مدار. همانطور که خواهیم دید، نه فقط اندازه، اما تعداد اتصالات، ترتیب اتصالات، و انواع فعال‌سازی، سنجش و کنترل وای‌فای همگی با نوع کار بسیار متفاوت هستند.

• تعداد درجات آزادی

تعداد درجات آزادی در یک بازوی مکانیکی باید با تعداد مورد نیاز کار مطابقت داشته باشد. همه کارها به شش درجه آزادی کامل نیاز ندارند.

رایج ترین چنین شرایطی زمانی رخ می دهد که اثر پایانی دارای یک محور تقارن باشد.

یک ابزار سنگ زنی را به دو روش مختلف قرار می دهد. در این مورد، جهت گیری ابزار نسبت به محور ابزار، ZT ، بی اهمیت است، زیرا چرخ سنگ زنی با چند صد دور در دقیقه می چرخد. برای اینکه بگوییم می توانیم این ربات $6 - DOF$ را به روش های بی نهایت برای این کار قرار دهیم (چرخش در مورد ZT یک متغیر آزاد است)، می گوییم که ربات برای این کار اضافی است. جوشکاری قوس الکتریکی، جوشکاری نقطه ای، سوراخ زدایی، چسب کاری و پرداخت نمونه های دیگری از کارهایی است که اغلب از افکت های انتهایی با حداقل یک محور تقارن استفاده می کنند. ۵ درجه، ۳ درجه

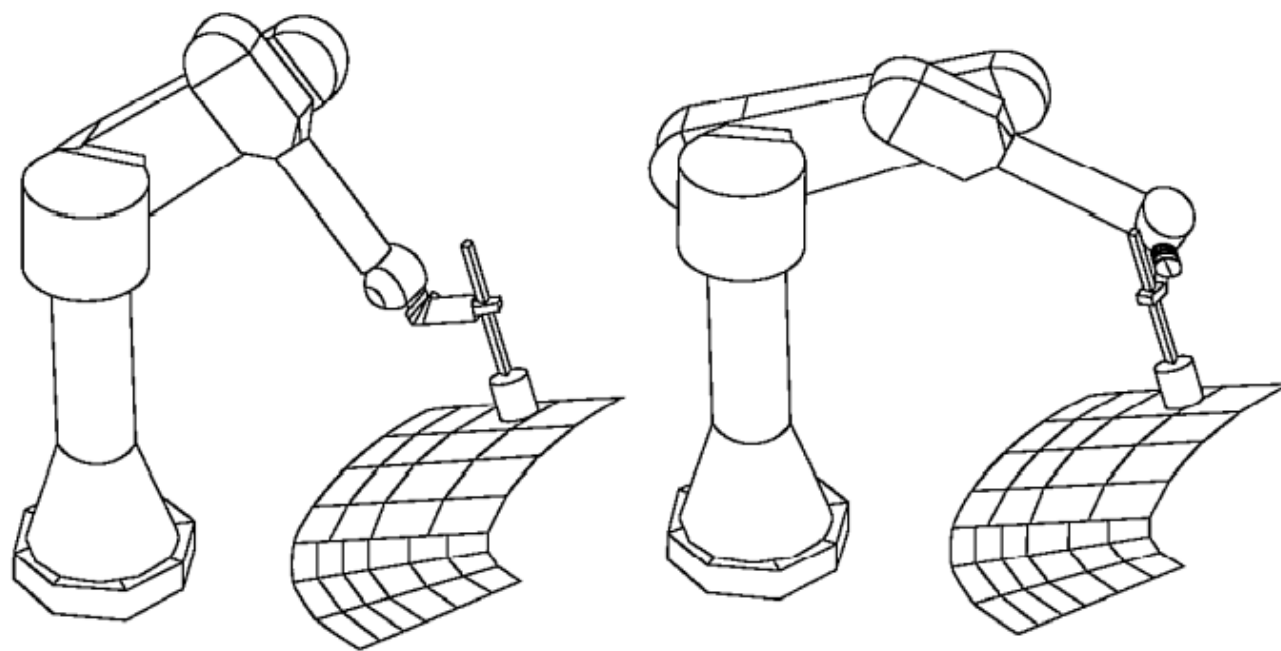


FIGURE 8.1: A 6-DOF manipulator with a symmetric tool contains a redundant degree of freedom.

- فضای کار در انجام کارها، یک بازوی مکانیکی باید به تعدادی قطعه کار یا فیکسچر برسد. در برخی موارد، می‌توان آن‌ها را مطابق با فضای کاری بازوی مکانیکی قرار داد. در موارد دیگر، یک ربات را می‌توان در یک محیط ثابت با الزامات فضای کاری سفت و سخت نصب کرد. به فضای کاری نیز گاهی اوقات به‌عنوان وکیل کاری یا پاکت کار نیز نامیده می‌شود. مقیاس کلی کار، فضای کاری مورد نیاز بازوی مکانیکی را تعیین می‌کند. در برخی موارد، جزئیات شکل فضای کاری و محل تکینگی‌های فضای کاری وای فای ملاحظات مهمی است. گاهی اوقات نفوذ خود دستکاری کننده در فضای کاری می‌تواند یک عامل باشد. بسته به طراحی سینماتیکی، کارکردن یک مانیپولاتور در یک کاربرد معین می‌تواند به فضای کمتر یا بیشتر در اطراف لامپ‌ها نیاز داشته باشد تا از اتصالات جلوگیری شود. محیط‌های محدود می‌تواند بر انتخاب سینماتیک تأثیر بگذارد

- ظرفیت بار

ظرفیت بار یک مانیپولاتور به اندازه اعضای ساختاری، سیستم انتقال نیرو و محرک ها بستگی دارد. باری که بر روی محرک ها و سیستم محرکه قرار می گیرد تابعی از پیکربندی ربات، درصد زمان تحمل بار و بارگذاری دینامیکی ناشی از نیروهای مربوط به اینرسی و سرعت است.

- سرعت

یک هدف آشکار در طراحی، دستکاری های سریعتر و سریعتر بوده است. هنگامی که یک راه حل رباتیک پیشنهادی باید از نظر اقتصادی با اتوماسیون سخت یا کارگران انسانی رقابت کند، سرعت بالا در بسیاری از کاربردها مزایایی را ارائه می دهد. با این حال، برای برخی از برنامه ها، فرآیند به جای دستکاری، سرعت را محدود می کند. این مورد در مورد بسیاری از کاربردهای جوشکاری و رنگ آمیزی اسپری است. یک تمایز مهم بین حداکثر سرعت اثر پایانی و زمان چرخه کلی برای یک کار خاص است. برای برنامه های انتخاب و مکان، مانیپولاتور باید به و از محل انتخاب و قرار دادن مکان ها در داخل برخی از محدوده های دقت موقعیتی شتاب و سرعت بگیرد.

اغلب، فازهای شتاب و کاهش سرعت بیشتر زمان چرخه را به خود اختصاص می دهند. از این رو، قابلیت شتاب، نه فقط سرعت اوج، بسیار مهم است. تکرارپذیری و دقت تکرارپذیری و دقت بالا، اگرچه در هر بازوی ربات مطلوب است، اما دستیابی به آن پرهزینه است. به عنوان مثال، طراحی یک رنگ پاشی پوچ خواهد بود دقت یک مدل خاص از ربات صنعتی تا حد زیادی به جزئیات ساخت آن بستگی دارد تا به طراحی آن. دقت بالا با داشتن دانش خوب از پارامترهای پیوند (و سایر پارامترها) به دست می آید. اندازه گیری های دقیق پس از ساخت یا توجه دقیق به تلورانس ها در طول ساخت امکان پذیر می شود.

پیکربندی حرکتی

- هنگامی که در مورد تعداد مورد نیاز درجات آزادی تصمیم گیری شد، باید یک پیکربندی خاص از اتصالات برای تحقق این آزادی ها انتخاب شود. برای پیوندهای سینماتیکی سریال، تعداد مفاصل برابر با تعداد درجه آزادی لازم است. اکثر بازوها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که آخرین مفصل $n - 3$ باشد و محورهای مفاصل در نقطه میچ همدیگر را قطع کنند

دکارتی

- یک بازوی دکارتی شاید ساده ترین پیکربندی را داشته باشد. این پیکربندی ربات هایی با ساختار بسیار سفت تولید می کند. به عنوان یک نتیجه، ربات های بسیار بزرگ می توانند ساخته شوند. این ربات های بزرگ که اغلب ربات های دروازه ای نامیده می شوند، شبیه به هم هستند. جرثقیل دروازه ای سقفی ربات های دروازه ای گاهی اوقات کل خودروها را دستکاری می کنند یا کل هواپیما را بازرسی کنید. مزایای دیگر بازوی روبات دکارتی از این واقعیت ناشی می شود که این امر طراحی آنها را ساده تر می کند و از تکنیکی های سینماتیکی ناشی از سه مفصل اول جلوگیری میکند.

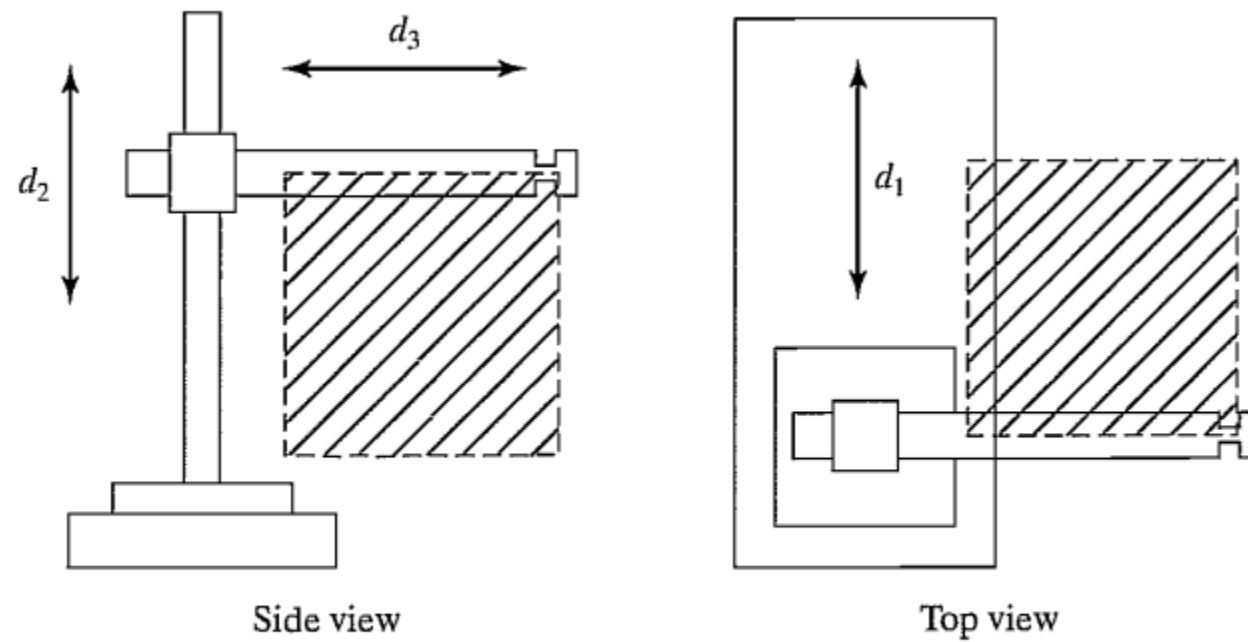


FIGURE 8.3: A Cartesian manipulator..

بازوهای مکانیکی ماهر بندبند

در شکل ۸-۴، یک بازوی مکانیکی ماهر بندبند نشان داده شده است. این بازو را گاهی بازوی مکانیکی ماهر مفصلی، زانویی، یا شبه انسان نیز می‌نامند. این بازوها معمولاً از دو مفصل شانه‌ای، یکی برای ایجاد دوران حول محور قائم، و دیگری برای ایجاد تغییر سطح نسبت به صفحه افقی، یک مفصل زانویی که محور آن معمولاً با محور مفصل تغییر سطح شانه موازی است، و دو یا سه مفصل از نوع مچ واقع در انتهای بازو، تشکیل می‌شوند. هر دو روبات پیوما ۵۶° و موتومان ۳-L، که در فصلهای پیش بررسی شدند، از این دسته‌اند.

در روباتهای بندبند، سازه بازو کمترین تداخل را در فضای کاری دارد. لذا این روباتها قادرند به درون فضاهای محدود دسترسی یابند. همچنین، کل سازه این روباتها از روباتهای دکارتی بسیار کوچکتر است، و به همین دلیل برای کار بردهایی که نیازمند به فضاهای کاری کوچکتری هستند، کم هزینه‌تر خواهند بود.

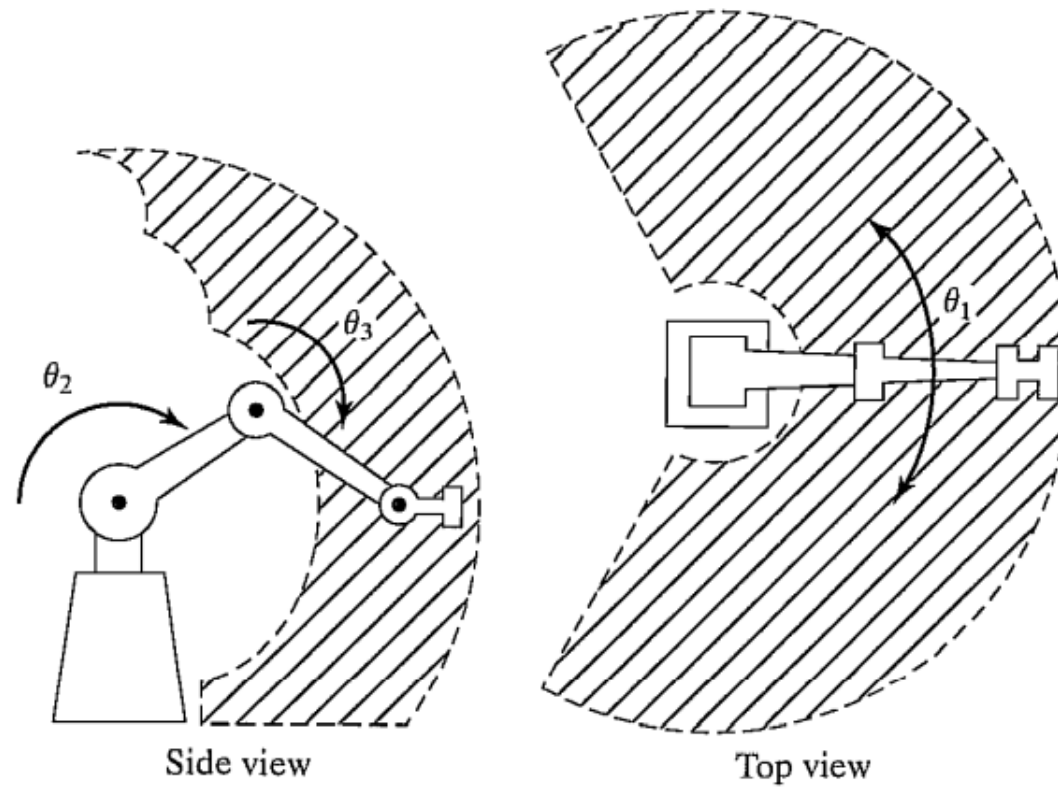
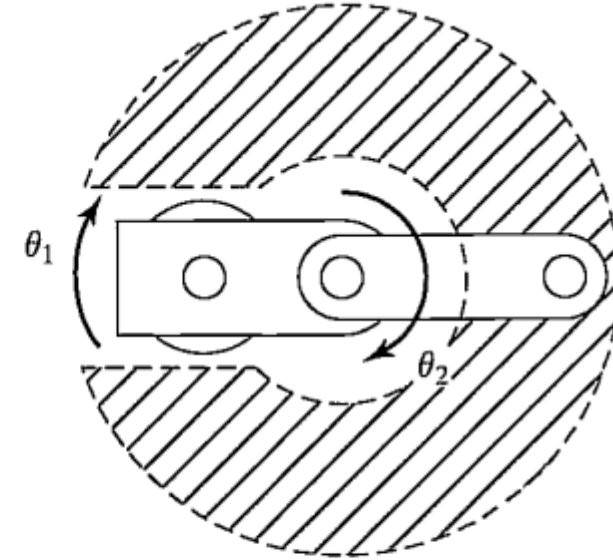
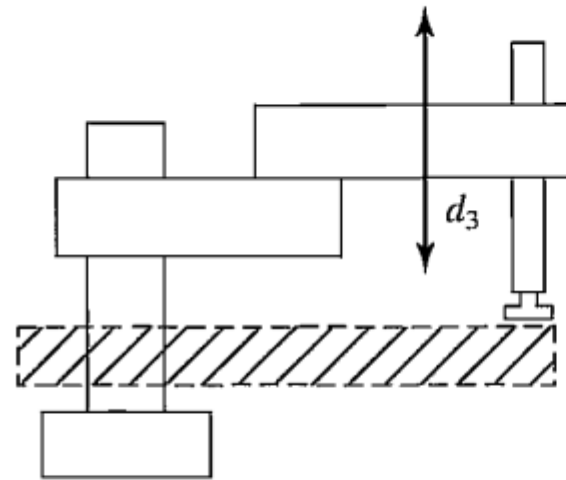


FIGURE 8.4: An articulated manipulator.

بازوهای مکانیکی اسکارا

پیکربندی روبات اسکارا^۱ در شکل ۵-۸ نشان داده شده است. این روبات سه مفصل لولایی با محورهای موازی دارد که حرکت و جهتگیری در صفحه را برای آن ممکن می‌کنند. از مفصل کشویی چهارم نیز برای حرکت دادن مجری نهایی در راستای عمود بر صفحه، استفاده می‌شود.



Top view

مزیت اصلی این روبات آن است که سه مفصل اول آن لزوماً وزن بازو یا بار را تحمل نمی‌کنند. همچنین، رابط صفر این روبات، به آسانی می‌تواند کاراندازه‌های دو مفصل اول را در خود جای دهد. کاراندازه‌ها را می‌توان بسیار بزرگ ساخت تا روبات بتواند بسیار سریع حرکت کند. مثلاً بازوی مکانیکی ماهر ادپت وان اسکارا^۱ می‌تواند با سرعتی تا ۳۰ فوت در ثانیه حرکت کند (در حدود ده برابر سریعتر از بیشتر روباتهای بندبند) [۱]. مناسبترین کاربرد این روبات، در عملیات صفحه‌ای است.

pulator.

بازوهای مکانیکی کروی

پیکربندی کروی در شکل ۸-۶، از بسیاری جهات به بازوی مکانیکی بندبند شباهت دارد، اما در آن مفصل زانو با مفصلی کشویی جایگزین شده است. این طرح، برای برخی از کاربردها، از طرح زانو مناسبتر است. عملکرد رابط کشویی می‌تواند به صورت تلسکوپی باشد، و یا در هنگام بازگشت، از پشت رو بات بیرون آید.

بازوهای مکانیکی استوانه‌ای

بازوهای مکانیکی استوانه‌ای (شکل ۸-۷) از مفصلی کشویی برای حرکت بازو در راستای قائم، مفصلی لولایی با محوری قائم، مفصل کشویی دیگری با محوری عمود بر محور مفصل لولایی، و نوعی میج، تشکیل می‌شوند.

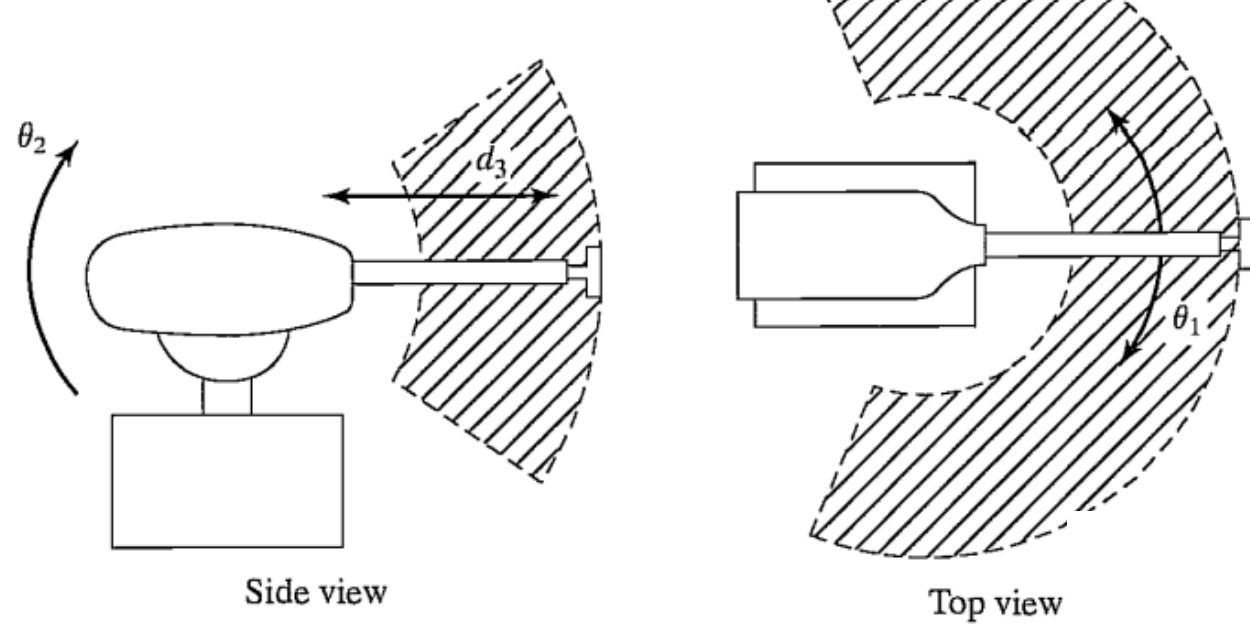


FIGURE 8.6: A spherical manipulator.

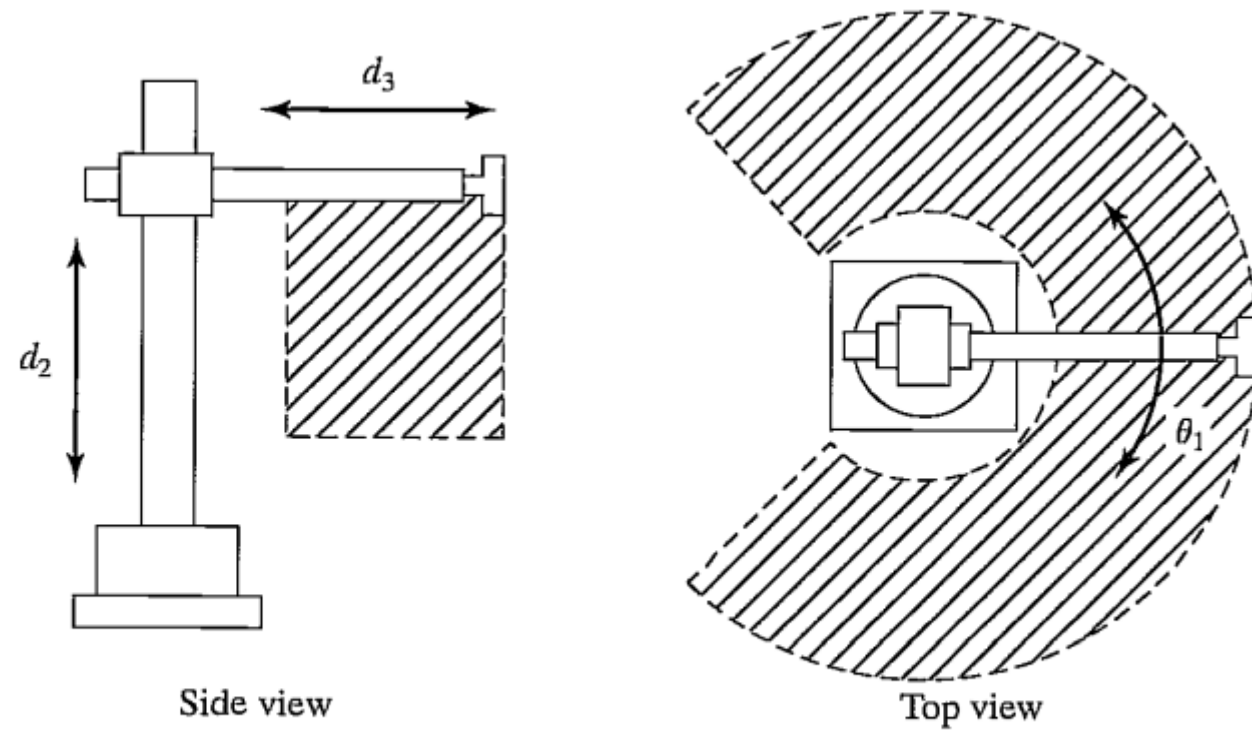


FIGURE 8.7: A cylindrical manipulator.

مچها

معمولترین پیکربندیهای مچ، از دو یا سه مفصل لولایی با محورهای عمود برهم متقاطع در یک نقطه، تشکیل می‌شوند. اولین مفصل مچ، معمولاً مفصل شماره ۴ بازوی مکانیکی است.

ترکیب سه محور مفصلی عمود برهم به صورت فوق، می‌تواند ضامن دستیابی به هر جهتگیری دلخواه (با فرض محدود نبودن زوایای مفصلی) باشد [۲]. به طوری که در فصل ۴ گفته شد، معادله‌های سینماتیکی هر بازوی مکانیکی ماهر دلخواه با سه محور متوالی و متقاطع در یک نقطه،

جواب بسته خواهد داشت. بدین ترتیب، مچی با سه محور عمود برهم را می‌توان در هر جهتگیری دلخواه در انتهای بازو قرار داد، بدون آنکه مشکلی پدید آید. در شکل ۸-۸، طرحی از مفصل مچ دیده می‌شود که در آن چندین مجموعه از چرخنده‌های مخروطی برای رانش مکانیزم توسط کاراندازهای دور از آن، به کار می‌رود.

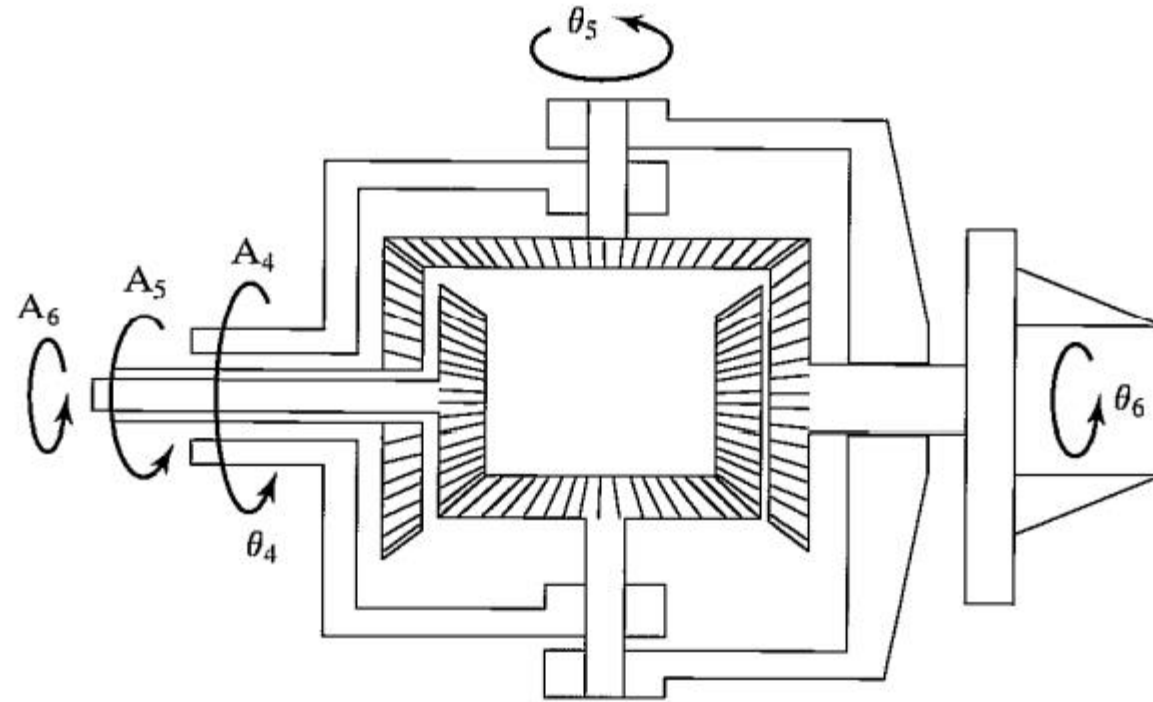


FIGURE 8.8: An orthogonal-axis wrist driven by remotely located actuators via three concentric shafts.

- اندازه‌گیری‌های کمی ویژگی‌های فضای کار
- کارایی طراحی از نظر ایجاد فضای کاری کوچک بودن
- طراحی فضاهای کاری با شرایط مناسب دور از نقاط تکین
- سازه‌های اضافی و زنجیره بسته محدودیت در عملکرد، اسانی حل معادلات معکوس
- میکرومانیپولاتورها و سایر موارد اضافی درجه آزادی

۸-۶ روشهای کاراندازی

پس از آنکه سازه سینماتیکی کلی بازوی مکانیکی ماهر انتخاب شد، مسئله مهم بررسی چگونگی کاراندازی مفصلهای بازوست. در حالت عادی، کارانداز، سیستم کاهش سرعت، و سیستم انتقال قدرت با یکدیگر ارتباطی نزدیک دارند و باید با هم طراحی شوند.

محل قرارگیری کارانداز

در ساده‌ترین حالت، کارانداز در نزدیکی مفصلی که آن را می‌راند، قرار داده می‌شود. اگر کارانداز قادر به ایجاد نیرو یا گشتاور کافی باشد، می‌توان آن را مستقیماً به مفصل متصل کرد. مزیت این روش رانش، که به آن رانش مستقیم می‌گویند [۱۸]، در سادگی طرح و کنترل‌پذیری عالی آن است. این بدان معناست که بدون آنکه از واسطه‌های انتقال قدرت یا کاهش سرعت استفاده شود، می‌توان کنترل حرکتهای مفصل را با کیفیتی برابر با کنترل حرکتهای خود کارانداز، انجام داد.

متأسفانه بیشتر کاراندازها برای سرعت‌های نسبتاً بالا و گشتاورهای پایین مناسب‌اند و به همین دلیل، به سیستم کاهش سرعت نیاز دارند. علاوه بر این، چون کاراندازها غالباً سنگین‌اند، اگر بتوان آنها را دور از مفصل و در نزدیکی پایه روبات قرار داد، لختی کلی روبات به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت، و این به نوبه خود، از اندازه کاراندازهای مورد نیاز می‌کاهد. برای تحقق بخشیدن به این مزیتها، یک سیستم انتقال قدرت جهت انتقال حرکت از کارانداز به مفصل، مورد نیاز است.

در یک سیستم رانش مفصلی که کارانداز آن دور از مفصل قرار دارد، می‌توان سیستم کاهش سرعت را در کارانداز یا در مفصل قرار داد. برخی از سیستمها عملیات انتقال قدرت و کاهش سرعت را باهم انجام می‌دهند. عیب این سیستمها آن است که اولاً پیچیده‌اند، و ثانیاً باعث ایجاد اصطکاک و انعطاف‌پذیری اضافی در مکانیزم می‌شوند. هنگامی که سیستم کاهش سرعت در مفصل قرار داده شود، سیستم انتقال قدرت در سرعت‌های بالاتر و گشتاورهای پایین‌تر عمل خواهد کرد. در گشتاورهای پایین، انعطاف‌پذیری مشکل کمتری ایجاد می‌کند. اما اگر سیستم کاهش سرعت سنگین باشد، کاراندازهای دور از مفصل برخی از مزایای خود را از دست می‌دهند.

سیستمهای کاهش سرعت و انتقال قدرت

چرخنده‌ها معمولترین اجزای به‌کار رفته برای کاهش سرعت‌اند و می‌توانند در فضایی نسبتاً کوچک، کاهش سرعت‌های بزرگ ایجاد کنند. نوع چرخنده‌های به‌کار رفته، به نحوه قرارگیری دو محوری که بین آنها قدرت انتقال می‌یابد، بستگی دارد: برای محورهای موازی از چرخنده‌های ساده، برای محورهای متقاطع عمود برهم از چرخنده‌های مخروطی، و برای محورهای متناظر از چرخنده‌های حلزونی یا مارپیچ، و ... استفاده می‌شود. انواع مختلف چرخنده‌ها، دارای قابلیت تحمل بار، میزان فرسایش، و خصوصیات اصطکاکی متفاوتی هستند.

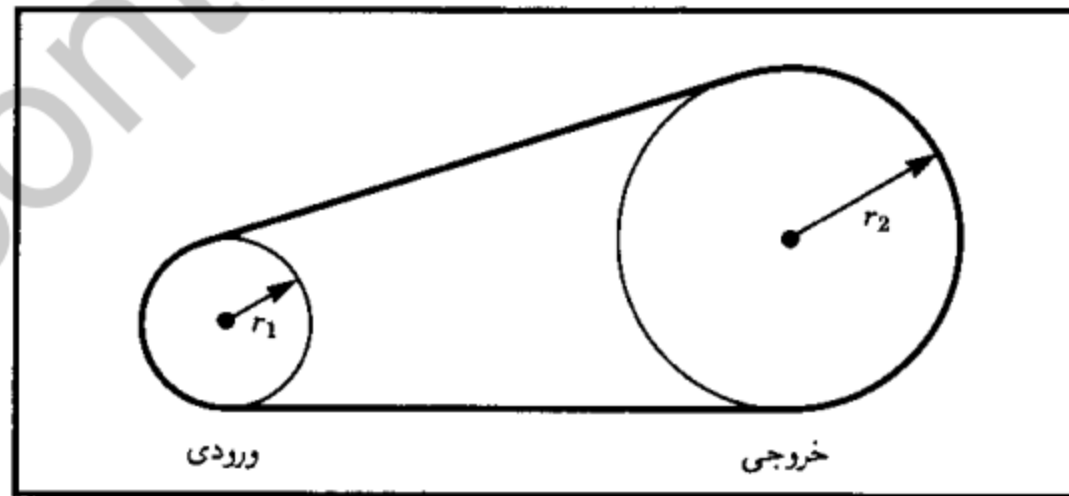
لقی و اصطکاک، دو عیب اساسی سیستمهای چرخنده‌ای هستند. لقی، که بر اثر درگیر شدن ناقص دو چرخنده روی می‌دهد، عبارت است از بیشترین حرکت زاویه‌ای چرخنده خروجی در حالتی که چرخنده ورودی ثابت نگه داشته شود. اگر با فشردن دندانه‌های دو چرخنده به یکدیگر، لقی را حذف کنیم، آن‌گاه ممکن است اصطکاک زیادی ایجاد شود. اگر چرخنده‌ها بسیار دقیق ساخته و نصب شوند، این عیبه‌ها به کمترین میزان خود می‌رسند، اما هزینه‌ها افزایش می‌یابند.

دسته دوم اجزای مورد استفاده در سیستم کاهش سرعت شامل نوارهای انعطاف پذیر، کابلها، و تسمه هاست. چون کلیه این اجزا باید انعطاف پذیری لازم برای حلقه زدن به دور قرقره ها را دارا باشند، در راستای طولی نیز انعطاف پذیر هستند. میزان انعطاف پذیری این اجزا متناسب با طول آنهاست. به دلیل انعطاف پذیری این سیستمها، باید توسط مکانیزم اعمال پیش بار، از شل شدن حلقه جلوگیری

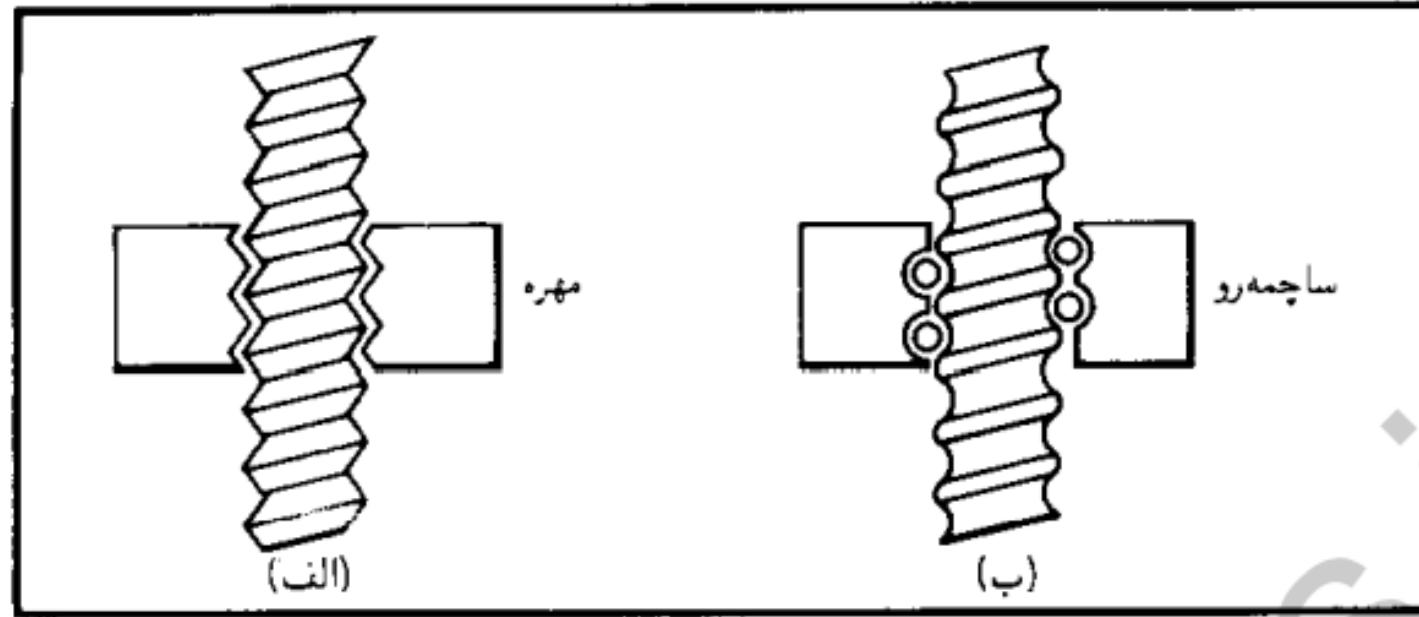
کرد تا تسمه همواره با قرقره درگیر باشد. پیش بارهای زیاد ممکن است باعث افزایش تنش در جزء انعطاف پذیر شوند، و اصطکاک زیادی ایجاد کنند.

کابلها یا نوارهای انعطاف پذیر را می توان به صورت حلقه بسته، یا به صورت درگیر در یک انتها و اعمال کشش دائم به وسیله مکانیزم پیش بار، به کار برد. اگر به مفصلی در یک جهت توسط فنر نیرو وارد شود، می توان از کابل یک سر درگیر برای اعمال نیرویی در جهت مخالف با نیروی فنر، استفاده کرد. راه دیگر، کاربرد دو سیستم فعال یک سر درگیر در خلاف جهت یکدیگر است. این روش، مشکل پیش بار بیش از حد را حذف می کند، اما در عوض به تعداد کاراندازها می افزاید.

زنجیرهای غلتکی مشابه تسمه های انعطاف پذیرند، با این تفاوت که قادرند به دور قرقره های نسبتاً کوچک خم شوند بدون آنکه سختی بالای خود را از دست بدهند. در برخی کاربردهای معین، به جای زنجیرهای غلتکی، بهتر است از سیستمهای تسمه دندانه دار استفاده شود تا بر اثر اعمال بارهای بزرگ به پینهای زنجیر و ساییدگی آنها، مشکلی پیش نیاید.



پیچهای هدایت (جلوبر) یا پیچهای بلبرینگى روش معمول دیگری را برای کاهش زیاد سرعت در فضایی محدود فراهم می کنند (شکل ۸-۱۶). پیچهای هدایت بسیار سخت اند و قادرند بارهای خیلی بزرگ را تحمل کنند. همچنین می توانند حرکت دورانی را به حرکت خطی تبدیل کنند. پیچهای بلبرینگى شبیه پیچهای هدایت اند، اما در آنها، به جای اینکه دنده های مهره مستقیماً بر روی دنده های



شکل ۸-۱۶ پیچهای هدایت (الف) و پیچهای بلبرینگى (ب) می توانند حرکت دورانی را به خطی تبدیل کنند، و در عین حال سرعت را به شدت کاهش دهند.

پیچ حرکت کند، تعدادی بلبرینگ بین دنده ها قرار می گیرند. پیچهای بلبرینگى اصطکاک بسیار کمی دارند، و معمولاً برگشت پذیر (قابل حرکت در جهت مخالف) هستند.

کاراندازها

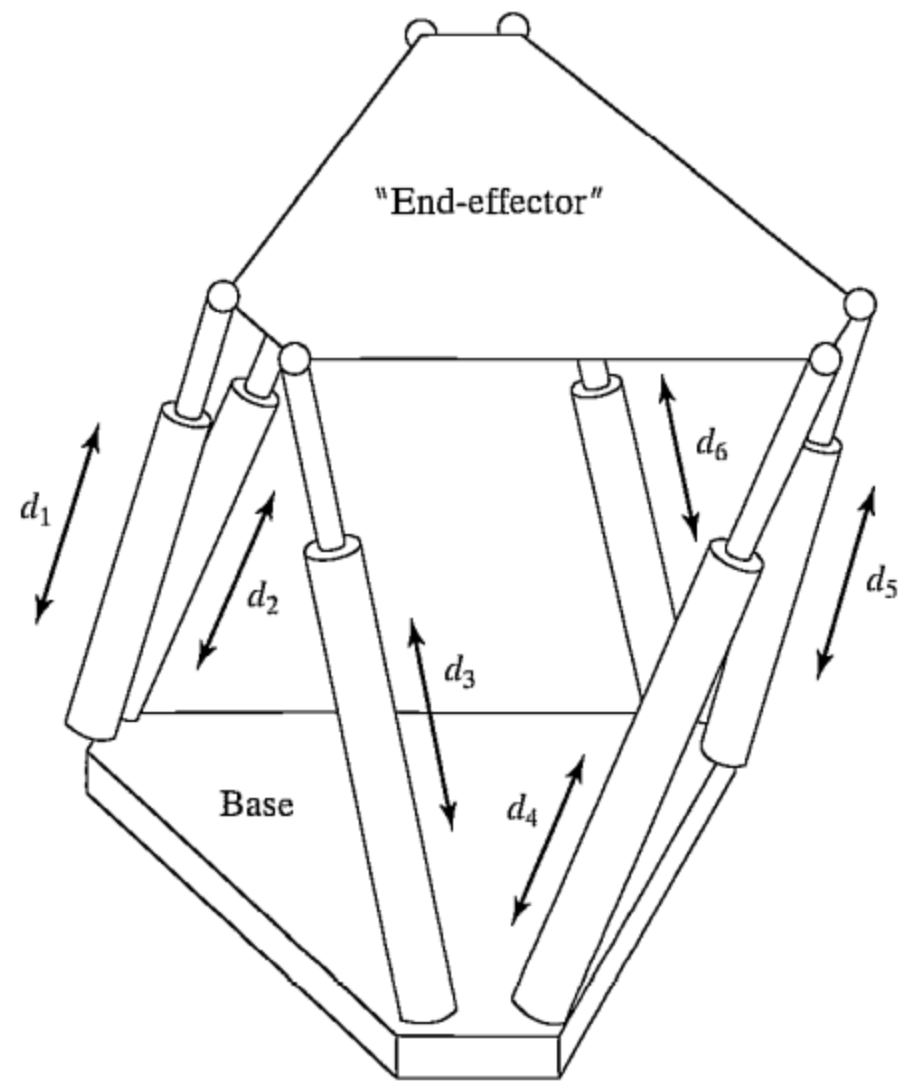
سیلندرهای هیدرولیکی یا کاراندازهای پره‌ای در ابتدا معمولترین کاراندازهای به‌کار رفته در بازوهای مکانیکی ماهر بودند. در بازویی نسبتاً کوچک، این کاراندازها قادرند بدون وجود سیستم کاهش سرعت نیروی کافی برای حرکت دادن مفصلها را ایجاد کنند. سرعت عملکرد این کاراندازها، به سیستم پمپ و مخزن ذخیره (آکومولاتور) که معمولاً دور از بازو نصب می‌شوند، بستگی دارد. کنترل مکان در سیستمهای هیدرولیکی کاملاً شناخته شده و نسبتاً ساده است. در کلیه روباتهای صنعتی اولیه و بسیاری از روباتهای صنعتی بزرگ مدرن، از کاراندازهای هیدرولیکی استفاده شده است.

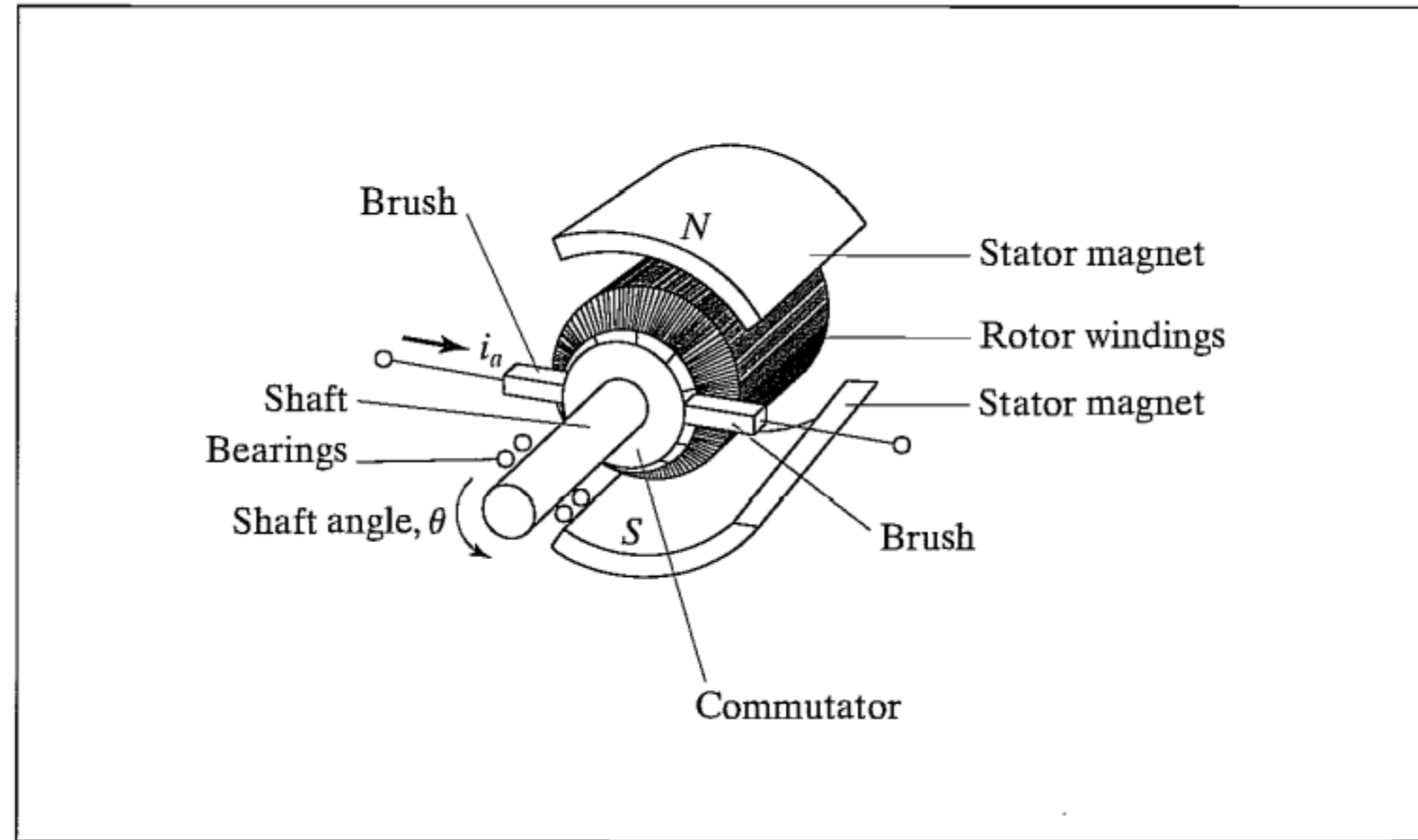
متأسفانه دستگاههای هیدرولیکی، به تجهیزات بسیاری چون پمپ، مخزن ذخیره، لوله‌های قابل انعطاف، و شیرهای سرو خودکار نیاز دارند. از سوی دیگر، دستگاههای هیدرولیکی به سبب نشت روغن، کارکرد تمیزی ندارند و برای برخی کاربردها مناسب نیستند. با توجه به آنکه در روشهای پیشرفته‌تر کنترل روبات، نیروهای کارانداز باید به دقت اعمال شوند، از دستگاههای هیدرولیکی به دلیل وجود اصطکاک در کاسه نمدها، نمی‌توان استفاده کرد.

سیلندرهای بادی (نیوماتیکی) علاوه بر آنکه مزایای دستگاههای هیدرولیکی را دارا هستند، کارکرد تمیزتری نیز دارند (به جای سیال هیدرولیکی، هوا از درزهای دستگاه نشت می‌کند). اما به دلیل تراکم‌پذیری هوا و وجود اصطکاک زیاد در کاسه نمدها، کاراندازهای بادی برای کنترل دقیق حرکت‌های بازو مناسب نیستند.

موتورهای الکتریکی رایجترین کاراندازهای به‌کار رفته برای بازوهای مکانیکی ماهر هستند. اگر چه نسبت توان به وزن در این موتورها به‌بزرگی دستگاههای هیدرولیکی یا بادی نیست، اما کنترل‌پذیری و سادگی اتصال آنها به دستگاهها، کاربردشان را برای بازوهای کوچک و متوسط مناسب می‌سازد.

موتورهای جریان مستقیم (DC) جاروبک‌دار (شکل ۸-۱۸)، از نظر کنترل و اتصال، ساده‌ترین دستگاهها هستند. در این موتورها جریان الکتریکی به‌وسیله جاروبک‌هایی که با کموتاتور در حال دوران تماس دارند، به سیم‌پیچ‌های روتور هدایت می‌شود. ساییدگی جاروبکها و اصطکاک در این موتورها مشکلاتی را ایجاد می‌کند. با به‌کارگیری مواد مغناطیسی جدید در این موتورها، می‌توان به گشتاورهای بالایی دست یافت. عامل محدود کننده گشتاور خروجی این موتورها، گرم شدن بیش از حد سیم‌پیچهاست. در کارکرد کوتاه مدت، امکان ایجاد گشتاورهای بالا وجود دارد، اما در کارکرد بلندمدت، باید گشتاورهای بسیار پایینتری را در حالت پایدار انتظار داشت.





موتورهای بدون جاروبک، مشکلات ساییدگی و اصطکاک را برطرف می‌کنند. در این موتورها، سیم‌پیچها ساکن می‌مانند و میدان مغناطیسی دوران می‌کند. حساسه موجود در روی روتور، زاویه محور را حس می‌کند و سپس به وسیله دستگاههای الکترونیکی خارجی، سوی جریان را تغییر می‌دهد. مزیت دیگر موتورهای بدون جاروبک آن است که در آنها سیم‌پیچ در خارج از موتور و متصل به بدنه آن است، و بدین ترتیب، عمل خنک کردن بسیار بهتر صورت می‌گیرد. در این موتورها، گشتاور در حالت پایدار در مقایسه با گشتاور متناظر در موتورهای جاروبک‌دار با اندازه یکسان، بیشتر است.

موتورهای جریان متناوب (AC) و موتورهای پله‌ای نیز به‌طور پراکنده در روباتهای صنعتی به‌کار رفته‌اند. اما دشواری کنترل موتورهای AC و پایین بودن قابلیت ایجاد گشتاور موتورهای پله‌ای، استفاده از آنها را محدود کرده است.



۸-۸ حس مکان

تقریباً کلیه بازوهای مکانیکی ماهر، مکانیزمهای خود فرمان (سرؤکنترلی) هستند. به عبارت دیگر، در آنها فرمان نیرو یا گشتاور داده شده به کارانداز، برپایه خطای موجود بین مکان حس شده و مکان مطلوب مفصل موردنظر، محاسبه می شود. بدین منظور باید هر مفصل را به نوعی وسیله حس کننده مجهز کرد.

معمولترین روش آن است که حساسه مکانی مستقیماً روی محور کارانداز نصب شود. اگر سیستم رانش محکم بوده، لقی نداشته باشد، زوایای مفصلی واقعی را می توان با استفاده از مکانهای

محور کارانداز محاسبه کرد. کنترل این زوجهای هم‌مکان حساسه و کارانداز، بسیار ساده است. رایجترین وسیله حس‌کننده مکان با کنترل پس‌خوراند (فیدبک)، کدگذار نوری با گردش پله‌ای است. با گردش محور کدگذار، دو خروجی به‌صورت پالسهای موج مربعی با اختلاف فاز 90° ایجاد می‌شوند. زاویه محور به‌وسیله شمارش تعداد پالسها، و جهت دوران به‌وسیله فاز نسبی دو موج مربعی تعیین می‌شود. کدگذارهای پله‌ای استاندارد، ۱۶ تا ۱۰۰۰۰ خط در هر دوران دارند. هر خط چهار لبه پالس ایجاد می‌کند، به‌طوری‌که با شمارش الکترونیکی استاندارد، می‌توان به‌آسانی به دقتی برابر با $1/^\circ$ درجه دست یافت. با پیشرفت تکنولوژی کدگذاری و روشهای درونیایی، میزان این دقت به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد.

برطرف‌کننده‌ها، دستگاههایی هستند که خروجی آنها دو سیگنال آنالوگ است: یکی سینوس زاویه محور و دیگری کسینوس این زاویه. زاویه محور با استفاده از مقدار نسبی این دو سیگنال به‌دست می‌آید. دقت این دستگاهها، تابعی از کیفیت برطرف‌کننده و میزان نویز وسایل الکترونیکی و کابل‌کشی است. برطرف‌کننده‌ها از کدگذارهای نوری قابل اعتمادترند، اما دقت آنها کمتر است. به‌طور معمول برطرف‌کننده‌ها را نمی‌توان بدون استفاده از چرخ‌دنده‌های اضافی به منظور بهبود دقت، مستقیماً در مفصل قرار داد.

پتانسومترها ساده‌ترین نوع حس‌کننده‌های مکان هستند. این وسایل در یک پل مقاومتی نصب می‌شوند و ولتاژی متناسب با مکان محور ایجاد می‌کنند. مشکلات ناشی از دقت پایین، عملکرد غیر خطی، و وجود نویز کاربرد آنها را محدود می‌کند.

گاهی از دورسنگها برای ایجاد سیگنال آنالوگ متناسب با سرعت گردش محور، استفاده می‌شود. در این دستگاهها به سبب عدم وجود حساسه، پسخوراند سرعت با استفاده از اختلاف مکانهای حس شده در فاصله زمانی مشخص، تعیین می‌شود. این مشتقگیری عددی ممکن است باعث ایجاد نویز و تأخیر زمانی شود. با وجود این مشکلات، بیشتر بازوهای مکانیکی ماهر، سیستم حس‌کننده مستقیم سرعت ندارند.

۸-۹ حس نیرو

برای اندازه‌گیری نیروی تماسی بین مجری نهایی روبات و محیط اطراف آن، دستگاههای گوناگونی طراحی شده است. در بسیاری از این دستگاهها، از حساسه‌هایی به نام کرنش سنج استفاده می‌شود (از نوع نیم رسانا یا ورق فلزی). این کرنش سنجها به یک سازه فلزی چسبانده می‌شوند، و خروجی متناسب با کرنش ایجاد شده در فلز، تولید می‌کنند. در طرح این نوع حس‌کننده نیرو، طراح باید به مسائل زیر توجه کند:

۱. برای به دست آوردن اطلاعات مورد نظر، به چند حساسه نیاز است؟
۲. حساسه‌ها در چه وضعیتی نسبت به یکدیگر بر روی سازه نصب می‌شوند؟
۳. کدام سازه می‌تواند با حفظ سختی، حساسیت خوبی از خود نشان دهد؟

۴. چگونه می‌توان از دستگاه در مقابل بارگذاری مکانیکی بیش از حد محافظت کرد؟
کرنش‌سنجها را معمولاً در سه محل از بازوی مکانیکی ماهر قرار می‌دهند:

۱. در محل کاراندازه‌های مفصل: این نوع حساسه‌ها نیرو یا گشتاور خروجی کارانداز یا سیستم کاهش سرعت را اندازه می‌گیرند. این حساسه‌ها برای برخی روشهای کنترل سودمندند، اما نیروی تماسی بین مجری نهایی و محیط اطراف آن را به خوبی حس نمی‌کنند.

۲. بین مجری نهایی و آخرین مفصل بازوی مکانیکی ماهر: این حساسه‌ها معمولاً حساسه‌های مچی نامیده می‌شوند که تشکیل سازه‌ای مکانیکی مجهز به چند کرنش‌سنج می‌دهند و می‌توانند نیروها و گشتاورهای وارد بر مجری نهایی را اندازه‌گیری کنند. به طور معمول، این حساسه‌ها می‌توانند سه تا شش مؤلفه از بردار نیرو-گشتاور وارد بر مجری نهایی را اندازه بگیرند.

۳. در «سرانگشتان» مجری نهایی: معمولاً در این انگشتان حس‌کننده نیرو، کرنش‌سنجهایی برای اندازه‌گیری یک تا چهار مؤلفه نیروی وارد بر هر سرانگشت، تعبیه شده است.

Chapter 8 Manipulator-mechanism design

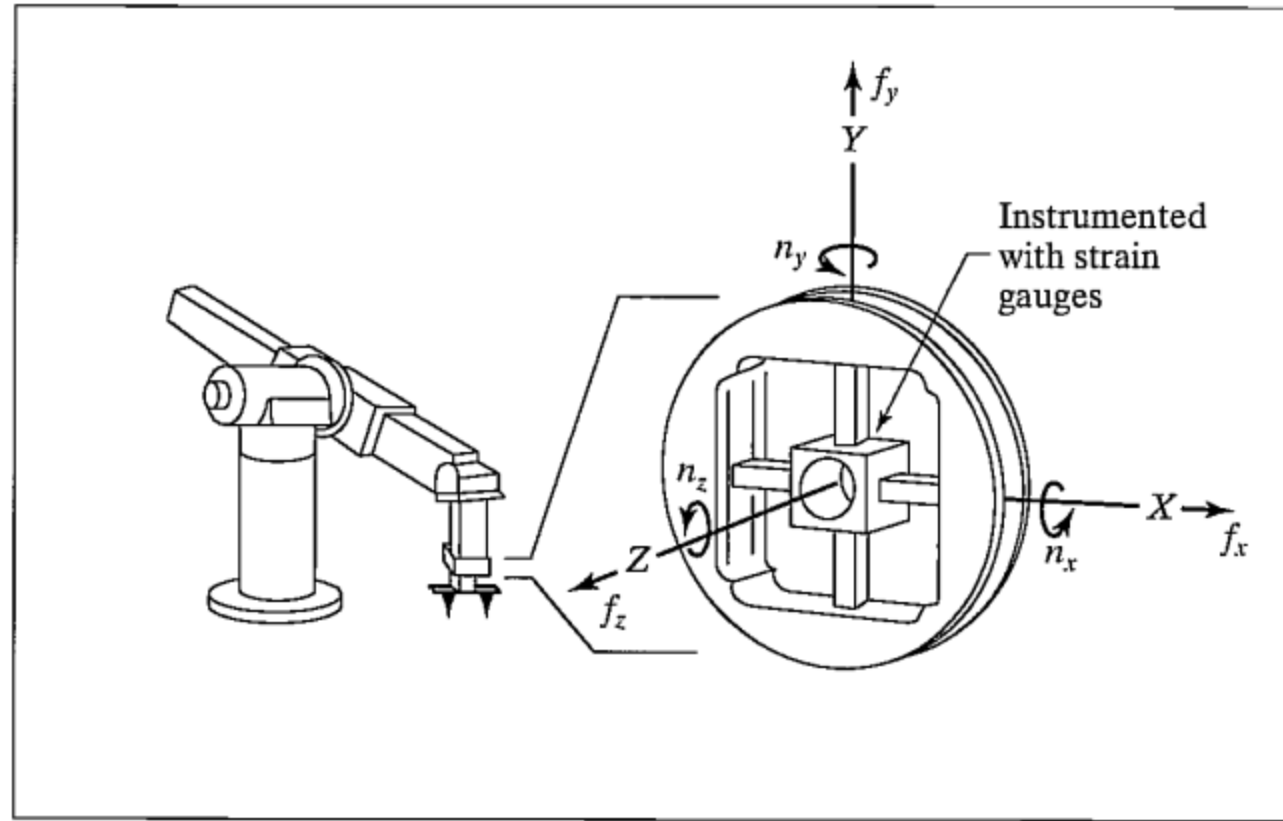


FIGURE 8.19: The internal structure of a typical force-sensing wrist.

فصل ۱۲

• زبان های برنامه نویسی ربات

مطالبی درباره طراحی حس‌کننده نیرو

استفاده از کرنش‌سنجها برای اندازه‌گیری نیرو، بر اندازه‌گیری تغییر شکل خمشی سازه‌ای که تحت تنش قرار دارد، مبتنی است. در نتیجه، بین سختی و حساسیت حس‌کننده، رابطه‌ای وجود دارد: حساسه سخت‌تر، طبیعتاً حساسیت کمتری دارد.

سختی حس‌کننده بر ساختمان عضو حافظ در مقابل بار بیش از حد نیز تأثیر می‌گذارد. کرنش‌سنجها ممکن است بر اثر بار ضربه‌ای صدمه ببینند، و به همین دلیل باید از آنها در مقابل چنین بارهایی محافظت کرد. با قرار دادن موانع محدودکننده حرکت، از تغییر شکل بیش از مقدار معین عضو تحت تنش، و صدمه دیدن تراگردانها جلوگیری می‌شود. متأسفانه اگر حساسه بسیار سخت باشد، مقدار تغییر شکل تنها چند ده‌هزارم اینچ خواهد بود و ساختن موانع محدود کننده حرکت با تولرانسهایی چنین کوچک، بسیار دشوار است. به همین دلیل، در بسیاری از انواع تراگردان، باید میزان معینی از انعطاف‌پذیری در نظر گرفته شود تا موانع محدود کننده حرکت، بتوانند به طرز مؤثری عمل کنند.

حذف پسماند، یکی از پر دردسرتترین مراحل طراحی حساسه‌هاست. بسیاری از فلزات به‌کار رفته به‌عنوان عضو تغییر شکل یابنده، چنانچه تغییر شکل بیش از حد به آنها اعمال نشود، پسماند بسیار کمی دارند. اما مفصله‌های پیچ‌شده، پرس‌شده، و یا جوشکاری شده واقع در نزدیکی عضو تغییر شکل یابنده، باعث ایجاد پسماند می‌شوند. در حالت ایدئال، عضو تغییر شکل یابنده و ماده نزدیک به آن، از یک قطعه فلز یکپارچه ساخته می‌شوند.

اندازه‌گیری دیفرانسیلی (تفاضلی) برای افزایش عملکرد خطی و دفع نویز در حساسه‌های گشتاور، اهمیت زیادی دارد. با آرایش تراگردانها به‌صورت‌های گوناگون، می‌توان اثرات ناشی از گرما و نیروهای خارج محوری را از میان برد.

کرنش‌سنج‌های ورق فلزی نسبتاً با دوام‌اند، اما در کرنش کامل، تغییر مقاومت کوچکی ایجاد می‌کنند. با حذف نویز در سیم‌کشی کرنش‌سنج و سیستم تقویت‌کننده الکترونیکی دستگاه، می‌توان به گستره دینامیکی مناسبی دست یافت.

کرنش‌سنج‌های نیم‌رسانا بر اثر اعمال بار بیش از حد، به مراتب بیش از کرنش‌سنج‌های ورق فلزی صدمه می‌بینند. از سوی دیگر، این کرنش‌سنج‌ها، به‌ازای کرنشی معین، تغییر مقاومتی معادل با هفتاد برابر تغییر مقاومت ایجاد شده در کرنش‌سنج‌های ورق فلزی ایجاد می‌کنند. این امر، پردازش سیگنالها را در گستره دینامیکی مفروض، به مراتب ساده‌تر خواهد ساخت.

در این فصل، شروع به بررسی رابط بین کاربر انسانی و ربات صنعتی می کنیم.

- در واقع، بیشتر چالش های طراحی و استفاده از ربات های صنعتی بر این جنبه از مشکل متمرکز است.
- تفاوت اتوماسیون ثابت ← "انعطاف پذیر" که به معنای قابل برنامه ریزی است.
- وجود حسگرها، شرایط متفاوت، سناریوهای متفاوت
- که یک کامپیوتر کنترل مرکزی می تواند جریان کلی کارخانه را کنترل کند.
- سه سطح برنامه نویسی ربات
- ۱. آموزش از طریق نمایش
- ۲. زبانهای صریح برنامه نویسی (VAL,Alplc)
- کتابخانه ربات برای یک زبان رایانه موجود
- کتابخانه روبات برای یک زبان همه منظوره جدید.
- ۳. زبانهای برنامه نویسی عملیاتی: این زبان ها به کاربر اجازه می دهند تا به جای مشخص کردن جزئیات هر اقدامی که ربات باید انجام دهد، مستقیماً به اهداف فرعی کار مورد نظر دستور دهد.

۱. به نقاله فرمان حرکت داده می‌شود و هنگامی که سیستم بینایی گزارش دهد که قطعه‌ای بر روی نقاله دیده شده است، نقاله متوقف می‌شود.

۲. سیستم بینایی، مکان و جهتگیری این قطعه را بر روی نقاله تعیین می‌کند، و آن را برای تشخیص معایب احتمالی، معاینه می‌نماید.

۳. بازوی مکانیکی، با استفاده از خروجی سیستم بینایی، قطعه را با نیروی مشخص، در دست می‌گیرد. فاصله بین سرانگشتان بازو کنترل می‌شود تا از درست گرفته شدن قطعه، اطمینان حاصل شود. اگر قطعه درست گرفته نشده باشد، روبات کنار می‌رود و سیستم بینایی کار خود را تکرار می‌کند.

۴. قطعه در بست واقع بر روی میز کار قرار داده می‌شود. در این مرحله، می‌توان فرمان حمل قطعه بعدی را به نقاله فرستاد. به عبارت دیگر، مراحل ۱ و ۲ را می‌توان به موازات مراحل بعدی انجام داد.

۵. از تغذیه کننده یک پین برداشته می‌شود، و تا نیمه به داخل سوراخی مخروطی در قطعه کار فرو برده می‌شود. از کنترل نیرو برای انجام این عمل، و آزمون کامل انجام شدن آن، استفاده می‌شود. اگر تغذیه کننده پین خالی باشد، به متصدی علامت داده می‌شود، و روبات صبر می‌کند تا متصدی فرمان ادامه کار را صادر کند.

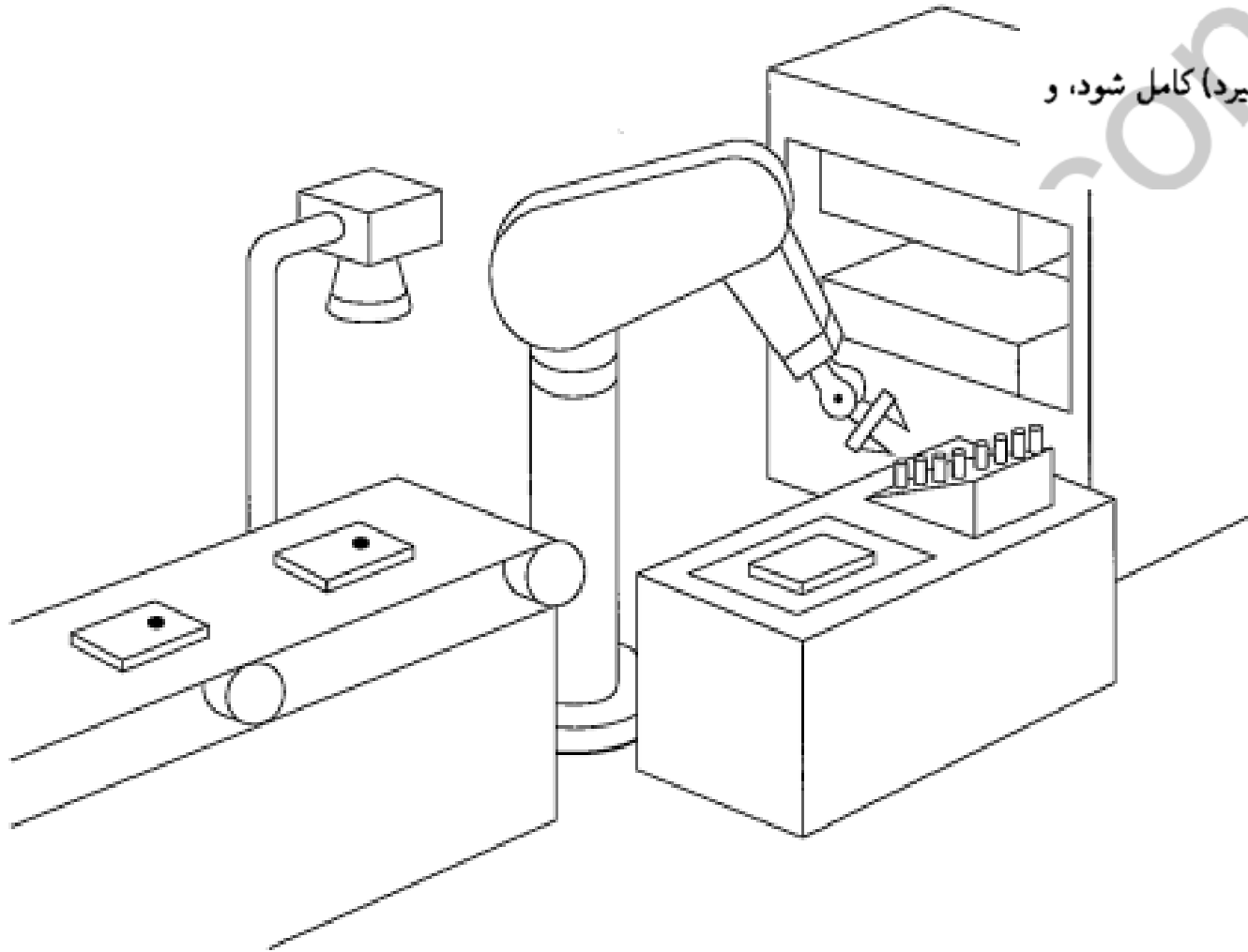
۶. روبات مجموعه قطعه و پین را برمی‌دارد، و در پرس قرار می‌دهد.

۷. در این مرحله پرس فعال می‌شود، و پین را به طور کامل در قطعه کار فرو می‌برد. سپس پرس فرمان خاتمه کار را اعلام می‌کند، و قطعه کار برای معاینه نهایی در بست قرار داده می‌شود.

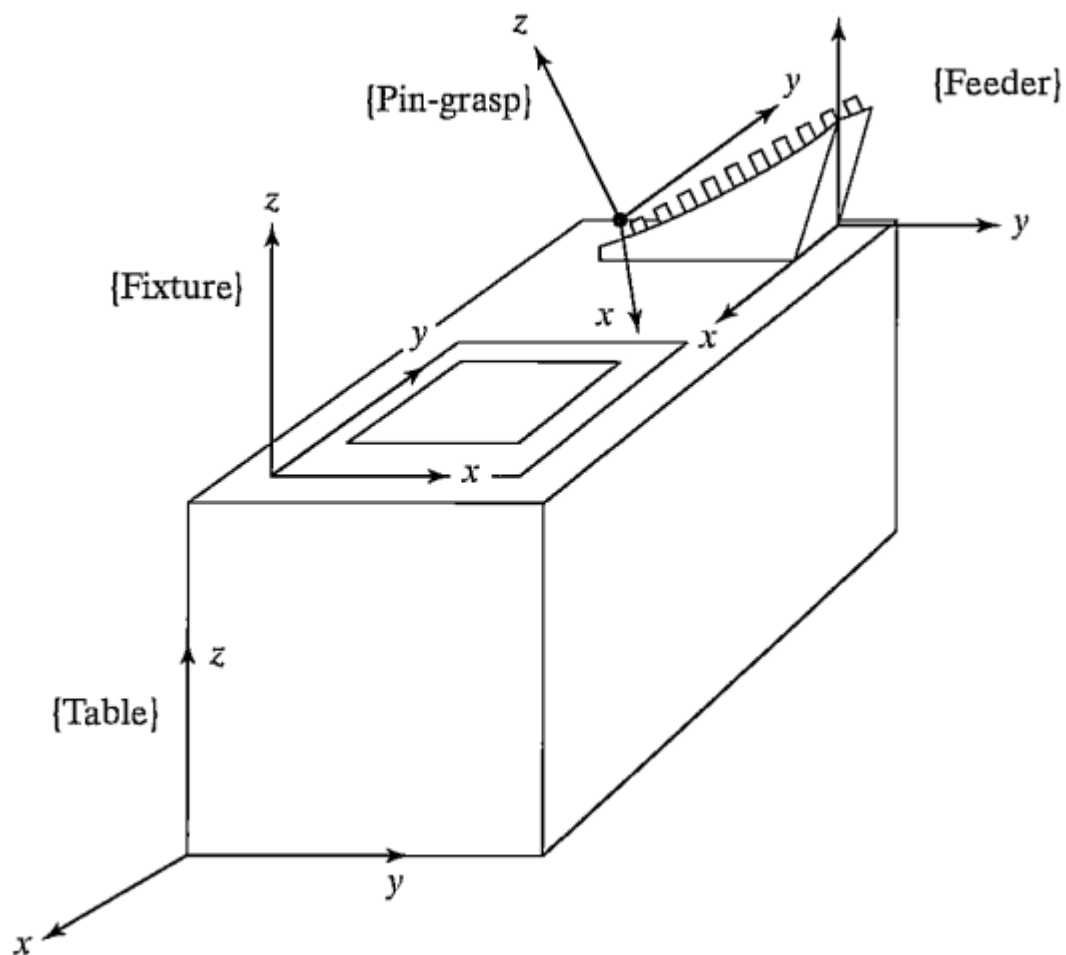
۸. با استفاده از حس نیرو، از درست فرو رفتن پین در قطعه اطمینان حاصل می‌شود. روبات با اعمال نیروی جانبی به پین، نیروی واکنش آن را حس می‌کند، و با انجام چند آزمون دیگر، میزان فرو رفتگی پین را تعیین می‌نماید.

۹. اگر تشخیص داده شود که مونتاژ درست صورت گرفته است، روبات قطعه تمام شده را در محل دیگری بر روی سکوی حمل قرار می‌دهد. اگر سکوی حمل پر باشد، به متصدی علامت داده می‌شود. در صورتی که عملیات مونتاژ به خوبی انجام نشده باشد، قطعه کار در سطل ضایعات انداخته خواهد شد.

۱۰. روبات صبر می‌کند تا مرحله ۲ (که به موازات مراحل ۵ تا ۱۰ انجام می‌گیرد) کامل شود، و سپس مرحله ۳ را آغاز می‌کند.



الزامات یک زبان برنامه نویسی ربات



- قادر به توصیف حرکت باشد
- چهارچوب های استاندارد
- مشخصات حرکتی
- (تولید مسیر، فضای کاری)

- توانایی انجام ریاضی بر روی انواع ساختار یافته مانند فریم ها، بردارها و چرخش ماتریس ها
- . توانایی توصیف موجودات هندسی مانند قاب در چندین مختلفنمایش راحت - همراه با توانایی تبدیل بین بازنمایی ها.
- . توانایی ایجاد محدودیت در مدت یا سرعت یک خاص حرکت - برای مثال، بسیاری از سیستم ها به کاربر اجازه می دهند تا سرعت را روی کسری تنظیم کند حداکثر، اما کمتر به کاربر اجازه می دهد مدت زمان مورد نظر یا دلخواه را مشخص کند حداکثر سرعت مشترک به طور مستقیم؛
- . توانایی تعیین اهداف نسبت به فریم های مختلف، از جمله چارچوب های تعریف شده توسط کاربر و قاب های در حال حرکت (مثلاً روی نوار نقاله).

ترتیب اجرای برنامه

- تست و انشعاب، حلقه زدن، فراخوانی به زیر روال ها و حتی وقفه ها به طور کلی هستند
- بیشتر از بسیاری از برنامه های کامپیوتری، پردازش موازی به طور کلی انجام می شود
- محیط برنامه نویسی
- تجمع سنسورها و عملگرهای ربات ← بینایی ماشین