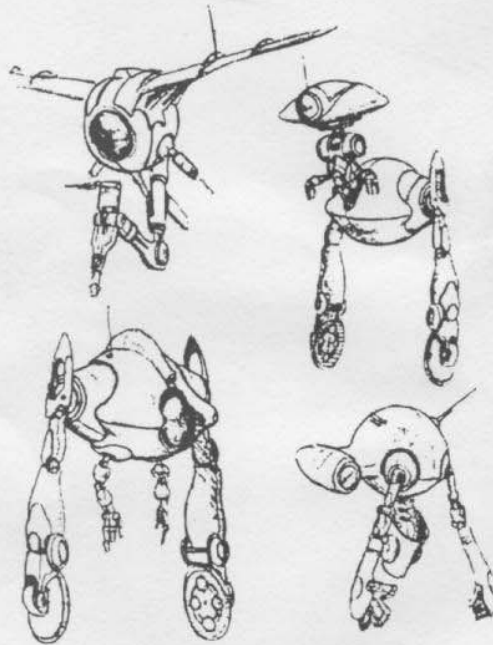




دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی شریف

راهنمای آزمایشگاه رباتیک



قطب علمی طراحی، رباتیک و اتوماسیون
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

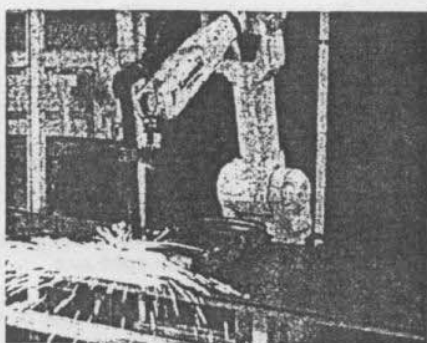
تهیه و تنظیم:
دکتر علی مقداری، مهندس علی سلک غفاری

پاییز ۱۳۸۲

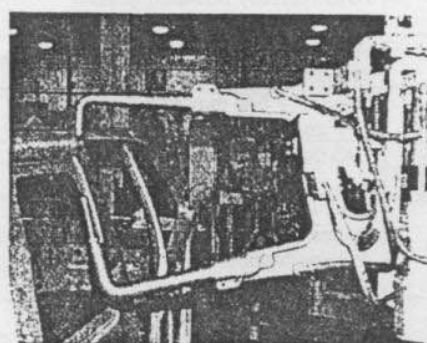
جلسه اول: آشنایی با ربات های موجود در آزمایشگاه رباتیک و اجزاء کنترلی آن

□ مقدمه

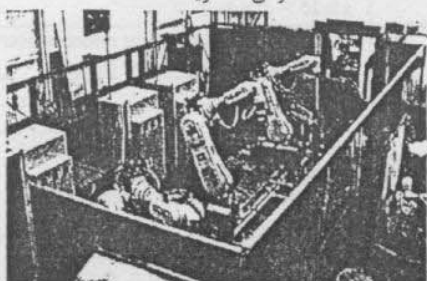
کاربرد ربات های صنعتی در فرایندهای ساده تری نظیر جابجایی قطعات و مواد، تا فرایند های پیچیده تولیدی نظیر جوشکاری نقطه ای ، رنگ پاشی ، فرایند های پیچیده مونتاژ قطعات گسترش یافته است. به خاطر کاربرد وسیع رباتهای صنعتی یادگیری برنامه نویسی و کنترل رباتها برای مهندسین مکانیک امری ضروری به نظر میرسد. برخی از کاربردهای رباتهای صنعتی در شکل های ۱ تا ۶ نشان داده شده است.



شکل ۲: استفاده از ربات در جوشکاری
قوس الکتریک قطعات



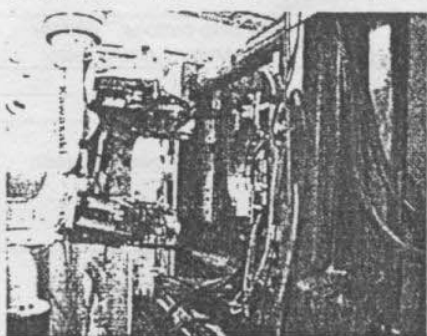
شکل ۱: استفاده از ربات برای جوشکاری
نقطه ای بدنه اتومبیل



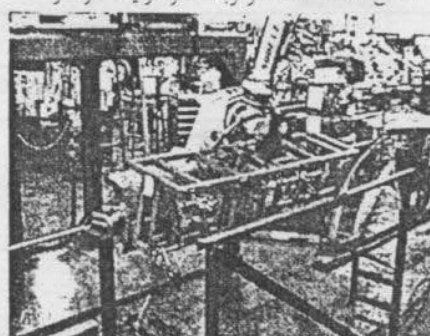
شکل ۴: استفاده از ربات در یک سلول تولیدی



شکل ۳: استفاده از ربات در فرایند مونتاژ



شکل ۶: استفاده از ربات برای بازبینی
قالب های ریخته گری



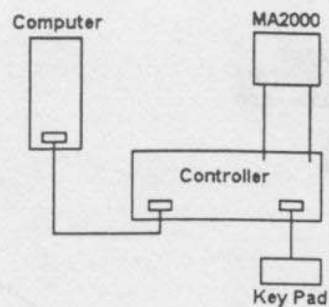
شکل ۵: استفاده از ربات برای جابجایی قطعات
مونتاژ شده در خط تولید

آزمایشگاه آموزشی رباتیک قطب علمی طراحی، رباتیک و اتوماسیون دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف دارای دو ربات آموزشی MA2000، MA3000 ساخت شرکت TecQuipment است. مشخصات کلی این رباتها در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱- مشخصات کلی رباتهای MA2000 و MA3000 موجود در آزمایشگاه

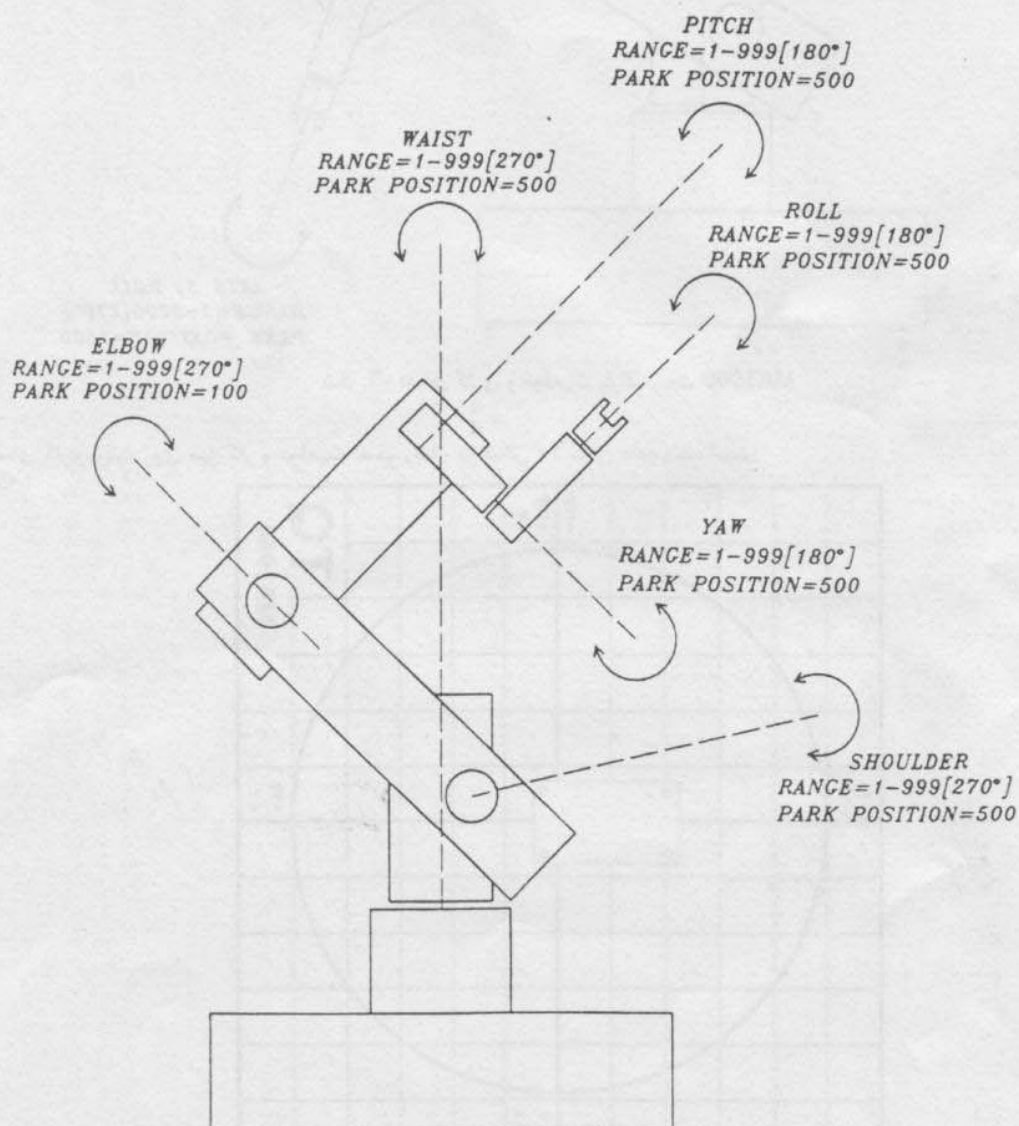
Robot Mechanism			
MA2000		MA3000	
Configuration	A revolute arm with 3 major and 3 wrist axes.	Configuration	A revolute arm with 3 major and 2 wrist axes plus pneumatic gripper.
Major axes	Waist, shoulder, elbow moving through 270 deg. At maximum slew rate of 45 deg./sec.	Major axes	Waist, shoulder moving through 270 deg. At maximum slew rate of 22.5 deg./sec. Elbow's slew rate is 45 deg./sec.
Wrist axes	Pitch, yaw, roll moving through 180 deg. at maximum slew rate of 90 deg./sec.	Wrist axes	Pitch, yaw, roll moving through 270 deg. at maximum slew rate of 90 deg./sec.
End effector	Pneumatically powered gripper attached to the roll axis.	End effector	Pneumatically powered gripper.
End effector speed	9 programmable speeds. Maximum speed is 400 mm/sec.	End effector speed	9 programmable speeds. Maximum speed is 700 mm/sec.
Reach	Nominally 500 mm with jaws supplied in experimental kit.	Reach	Nominally 750 mm with jaws supplied in experimental kit.
Load capacity	1 kg dead lift at 480 mm from waist axis.	Load capacity	2 kg dead lift at 750 mm from waist axis.
Drive system	Electric servo d.c. motors under closed loop, 3-term control with direct position feedback on each axis measured to 12 bits resolution.	Drive system	Electric servo d.c. motors under closed loop, 3-term control with direct position feedback on each axis measured to 12 bits resolution.
Resolution	Each axis has a teach resolution of 1 part in 1000 over the angular span.	Resolution	Each axis has a teach resolution of 1 part in 3000 over the angular span.
Responsibility	Better than ± 2 mm	Responsibility	Better than ± 3 mm
Joint position transducer	Plastic film potentiometers with $\pm 0.25\%$ linearity of	Joint position transducer	Plastic film potentiometers with $\pm 0.25\%$ linearity of
Sensor supply	Arm pre-wired to accept micro-switch or optical sensors at the gripper.	Sensor supply	Arm pre-wired to accept micro-switch or optical sensors at the gripper.
Controller Interface			
MA2000		MA3000	
Functions	Interface to the host computers. A/D converters. Microprocessor implementing 3 term control. Motor drive circuits.	Functions	Interface to the host computers. A/D converters. Microprocessor implementing 3 term control. Motor drive circuits.
I/O ports	4 outputs, each a relay contact pair switching 1A at 24V d.c. 4 inputs, each operating on connection to earth potential.	I/O ports	4 outputs, each a relay contact pair switching 1A at 24V d.c. 4 inputs, each operating on connection to earth potential.
Safety	Emergency stop buttons, "Watch-Dogs" timer. Motor braking relay.	Safety	Emergency stop buttons, "Watch-Dogs" timer. Motor braking relay.
Teaching Methods			
MA2000		MA3000	
- Using the teach keypad, for point-to-point operation. - Lead by nose, for continuous path or point-to-point operation. - Off line by computer.		- Using the teach keypad, for point-to-point operation. - Off line by computer.	

هر واحد رباتیکی موجود در آزمایشگاه متشکل از یک کامپیوتر و ملحقات آن، کنترلر ربات، کی پد و ربات می باشد. شکل شماتیک و نحوه اتصال اجزاء هر واحد در شکل ۷ نشان داده شده است.

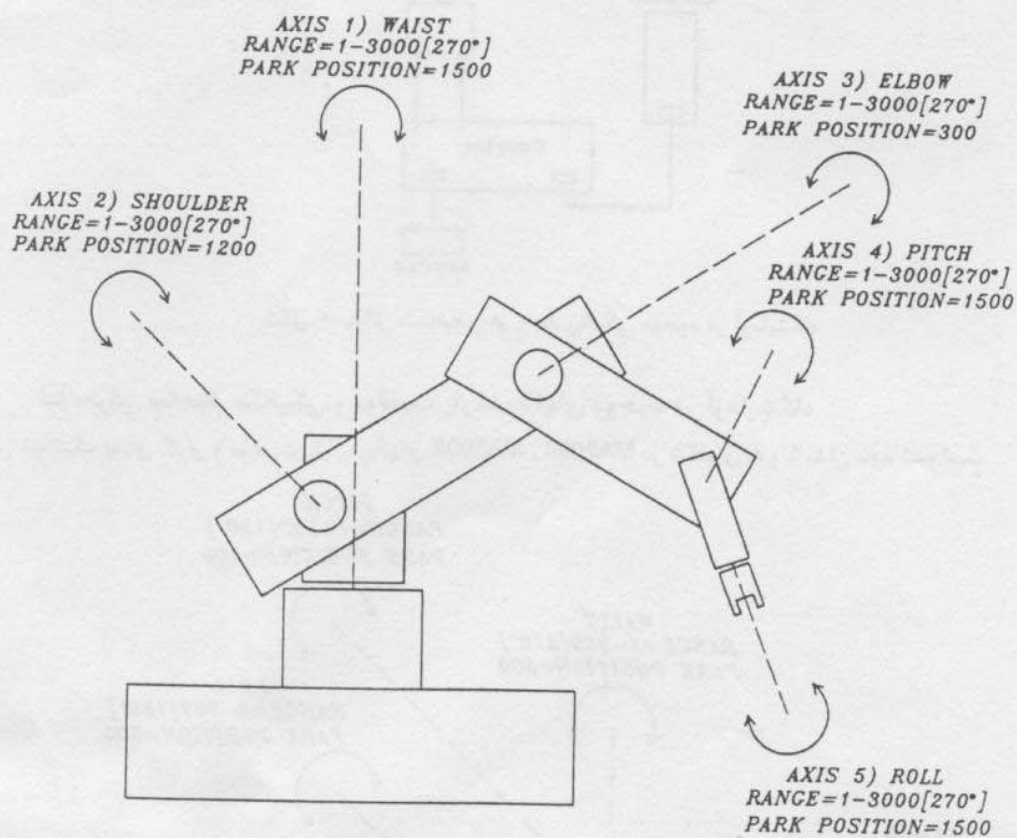


شکل ۷- شکل شماتیکی هر واحد رباتیکی موجود در آزمایشگاه

□ معرفی ساختار مکانیکی و موقعیت پارک رباتهای موجود در آزمایشگاه
 شکل شماتیک فضای کاری و موقعیت پارک رباتهای MA2000, MA3000 در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

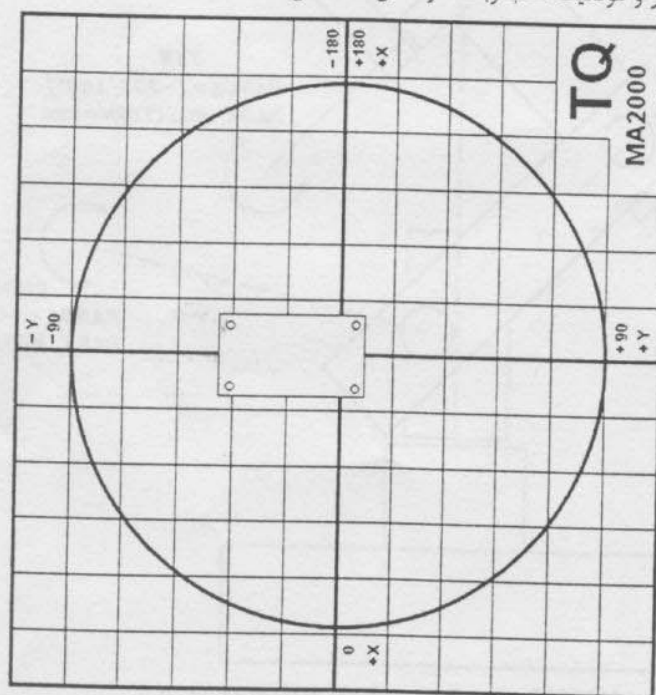


شکل ۸- فضای کاری و موقعیت پارک ربات MA2000



شکل ۹- فضای کاری و موقعیت پارک ربات MA3000

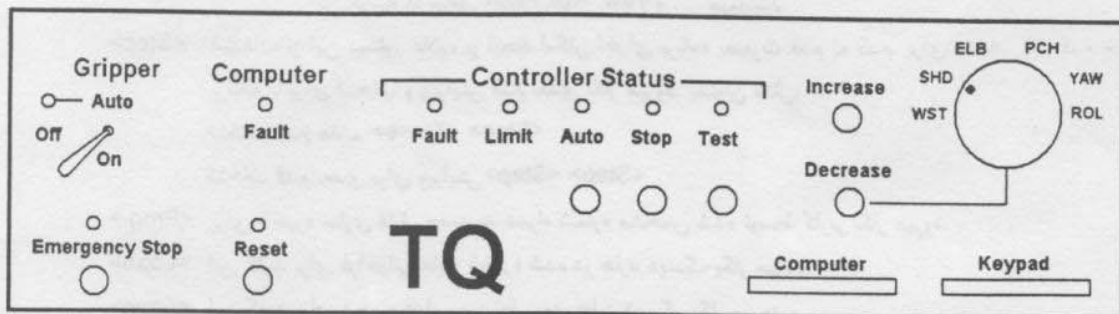
فضای کاری ربات روی میز کار و موقعیت نصب ربات، در شکل ۱۰ نشان داده شده است:



شکل ۱۰- میزکاری و موقعیت نصب ربات MA2000 روی میز

□ کنترلر ربات

کنترلر ربات متشکل از کلیدهای تامین ایمنی ربات، کنترل گریپر، وضعیت کنترلر و سلکتور انتخاب درجات آزادی ربات برای کنترل دستی مفصل ربات و محل اتصالات کی پد و کامپیوتر میباشد. نمای کنترلر ربات در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

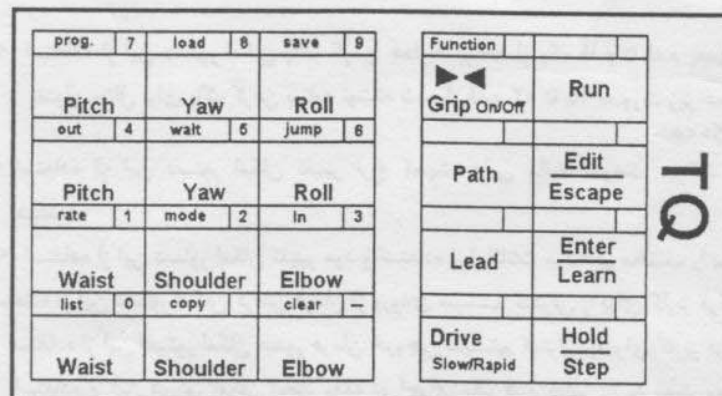


شکل ۱۱- کنترلر ربات و اجزای متعلق به آن

□ مشخصات کی پد کنترل موقعیت ربات

کی پد یکی از ابزارهای متداول ارتباطی بین کاربر و کامپیوتر برای برنامه ریزی و کنترل ربات است. شکل کی پد کنترلی ربات در شکل ۱۲ نشان داده شده است. کلیدهای کی پد را میتوان در سه گروه عمده زیر تقسیم بندی نمود:

- ۱- کلیدهای اصلی
- ۲- کلیدهای چند منظوره
- ۳- کلیدهای درایو



شکل ۱۲- کی پد مورد استفاده برای کنترل موقعیت ربات

☞ کلیدهای اصلی

کی پد دارای چهار کلید اصلی است:

- <RUN> استفاده از این کلید امکان اجرای پیوسته خطوط مختلف برنامه را برای کاربر فراهم مینماید.
- <HOLD> استفاده از این کلید امکان توقف برنامه را در انتهای خطی از برنامه که در حال اجرا است فراهم مینماید.
- <STEP> استفاده از این کلید امکان اجرای قدم به قدم برنامه را برای کاربر فراهم مینماید.
- <EDIT> استفاده از این کلید امکان ویرایش و تصحیح خطوط برنامه را برای کاربر فراهم مینماید.

☞ کلیدهای چند منظوره

<گزینه های بالا سمت چپ> گزینه های مربوط به ویرایش برنامه در این بخش قرار دارند. این گزینه ها شامل Prog, Save, Load, ... میباشد.

<گزینه های بالا سمت راست> مقادیر عددی در این بخش قرار میگیرند که معمولاً بعد از وارد کردن اعداد باید کلید Enter که در متن با <e> نشان داده میشود.

<گزینه های وسط> کلید های مربوط به کنترل حرکت در این بخش قرار میگیرند.

این گزینه ها شامل Yaw, Roll Pitch و ... میباشند.

<Step> استفاده از این دستور علاوه بر ایجاد امکان اجرای برنامه بصورت قدم به قدم، برای انتخاب یک قدم خاص در برنامه یا برای انتخاب و ویرایش قدم بعدی بکار میرود. بعنوان مثال:

انتخاب قدم هفتم <e> <7> <Step>

انتخاب قدم بعدی برای ویرایش <Step> <Step>

<Prog.> برای ذخیره سازی فایل جدید به همراه شماره مشخص شده توسط کاربر بکار میرود.

<Load> این کلید برای فراخوانی فایل ذخیره شده در هارد دیسک بکار میرود.

<Save> این کلید برای ذخیره فایل مورد نظر روی هارد دیسک بکار میرود.

<Copy> استفاده از این کلید امکان کپی کردن چند قدم از برنامه را از یک بلوک به بلوک دیگر فراهم میسازد.

<Function> استفاده از این کلید امکان دسترسی کاربر به توابع خاص را فراهم میسازد. این توابع بصورت زیر است:

<1><9> خطای موقعیت را برای مفاصل گزارش میکند.

<2><9> موقعیت مفاصل را گزارش میکند.

<3><9> گشتاور موتورهای مفاصل را گزارش میکند.

<9><9> مقادیر ضرایب کنترلی PID را برای سیستم مدار بسته گزارش میکند.

<List> استفاده از این دستور امکان مشاهده لیست برنامه از یک قدم تا قدم بعدی را برای کاربر فراهم میسازد. بعنوان مثال برای لیست گرفتن برنامه از قدم ۵ تا ۷ از دستور زیر استفاده میشود:

<List><5><e><7><e>

<Clear> استفاده از این دستور امکان پاک کردن خطوط برنامه از یک قدم تا قدم بعدی را برای کاربر فراهم میسازد. بعنوان مثال برای پاک کردن برنامه نوشته شده از قدم ۱۲ تا ۱۵ بصورت زیر عمل میشود:

<Clear><1><2><e><5><e>

<Rate> استفاده از این دستور امکان تغییر نرخ کمیت هایی مانند سرعت حرکت مفاصل را برای کاربر فراهم میکند.

<Mode> استفاده از این دستور امکان تغییر مود و استفاده از امکانات مودهای مختلف را برای کاربر فراهم میسازد.

<In> استفاده از این دستور امکان گرفتن فرمان از ورودی سیستم کنترلی را برای کاربر فراهم میسازد.

<Out> استفاده از این دستور امکان صدور فرمان خروجی سیستم کنترلی را برای کاربر فراهم میسازد.

<Wait> استفاده از این دستور امکان ایجاد وقفه در اجرای یک قدم خاص را به مدت معینی که کاربر مشخص میکند، فراهم میسازد.

<Jump> استفاده از این دستور امکان پرش به قدم مشخص شده در قدم فعلی در حال اجرا توسط کاربر را فراهم میکند.

<Escape> با استفاده از این دستور امکان کنسل کردن تمامی دستوراتی که با عدد همراه میباشند برای کاربر فراهم میشود.

<Run> استفاده از این دستور امکان خروج از فرمان Edit را در حالت Hold فراهم میکند.

<Drive> استفاده از این دستور در صورتی امکان پذیر است که در حالت Edit بوده و امکان اجرای قدم به قدم برنامه را برای کاربر فراهم میسازد.

کلیدهای درایو

زمانیکه در مود Edit کلید Drive فعال شود سیستم کنترلی، ربات را به موقعیت تعریف شده در قدمی که در حال ویرایش بوده هدایت میکند. زمانیکه ربات به موقعیت تعریف شده در قدم جاری رسید کلیدهای حرکتی برای تعریف و جابجایی ربات به موقعیت جدید که در قدم بعدی تعریف میشود فعال میگردند.

برای هر درجه آزادی ربات دو کلید تعریف شده است که یکی برای افزایش زاویه نسبت به موقعیت فعلی و دیگری برای کاهش زاویه نسبت به موقعیت فعلی بکار میرود. برای باز و بسته کردن گریپر نیوماتیکی نیز از فرمان <Grip> استفاده میشود. زمانیکه از کلیدهای درایور حرکت استفاده میشود امکان استفاده از دو گزینه Slow و Rapid برای حرکت دادن مفاصل در اختیار کاربر قرار میگیرد که گزینه Slow بطور اتوماتیک فعال است و اگر نیاز باشد که حرکت مفاصل سریع شود یک بار دیگر باید کلید Drive فشرده شود.

برای خروج از دستور Drive انتخاب یکی از گزینه های زیر امکان پذیر است:

<Learn> برای ذخیره نمودن موقعیت فعلی ربات امکان پذیر است.

<Escape> برای برگشتن به قدم قبلی را فراهم آورده و امکان ویرایش قدم جدید را برای کاربر فراهم میسازد.

جلسه دوم: نکات ایمنی و روشهای برنامه ریزی ربات های موجود در آزمایشگاه رباتیک

□ نکات ایمنی ضروری برای کار با رباتهای موجود در آزمایشگاه

کلیدهای Stop و Emergency Stop تعبیه شده روی کنترلر ربات، وظیفه تامین ایمنی ربات و کاربر را بر عهده دارند. هنگام استفاده از ربات زمانیکه ربات خارج از محدوده کاری قرار گیرد یا به وضعیت خطرناکی برسد که احتمال آسیب رساندن به ربات یا کاربر وجود داشته باشد فشردن کلیدهای Stop یا Emergency Stop سرعت ربات را متوقف خواهد نمود.

☞ استفاده از کلید Emergency Stop :

استفاده از این کلید در حالتی که ربات در وضعیت خطرناک یا خارج از محدوده کاری خود قرار گرفته است منجر به توقف سریع ربات شده و همزمان برق منبع تغذیه ربات قطع میگردد این عمل ممکن است منجر به از دست دادن موقعیت فعلی ربات و ناپایداری دینامیکی آن گردد. در این حالت زمانیکه برق ربات وصل شود ممکن است ربات از نقطه ای خارج از محدوده کاری خود شروع به حرکت نماید که برای جلوگیری از این اتفاق باید ابتدا ربات را توسط سلکتورهای موجود روی کنترلر به فضای کاری خود برگردانید.

☞ استفاده از کلید Stop :

استفاده از این کلید در حالتی که ربات در وضعیت خطرناک یا خارج از محدوده کاری خود قرار گرفته است منجر به توقف سریع ربات شده و با فشردن کلید Auto ربات از موقعیتی که متوقف شده شروع به حرکت خواهد نمود.

☞ برگرداندن ربات به فضای کاری توسط سلکتورهای انتخاب :

زمانیکه مفاصل ربات در محدوده کاری تعریف شده خود باشد، چراغ سبز رنگ Limit روی کنترلر روشن خواهد بود، در صورتیکه یک یا چند مفصل ربات از محدوده کاری خود خارج گردد، چراغ Limit خاموش میگردد، در این حالت ربات قابلیت هدایت خود توسط کامپیوتر و کی پد را از دست میدهد. در این حالت با مشخص کردن مفصلی که خارج از محدوده کاری قرار گرفته است و انتخاب آن توسط سلکتور تعبیه شده روی کنترلر و با گرفتن کلیدهای Test و Reset بطور همزمان و سپس با استفاده از کلیدهای Increase یا Decrease میتوان مفصل مربوطه را بصورت دستی به فضای کاری برگردانید تا چراغ Limit روشن شود.

□ روشهای برنامه ریزی ربات

برای برنامه ریزی رباتهای موجود در آزمایشگاه چهار روش متداول وجود دارد:

- ۱- Point to Point
- ۲- Lead by Nose
- ۳- Continuous Path
- ۴- Offline

☞ روش برنامه ریزی Point to Point

این روش ساده ترین روش برنامه ریزی ربات است که با استفاده از کی پد با تعریف نقاط مختلف و مناسب برای مسیر مورد نظر انجام میشود.

○ دستورالعمل راه اندازی ربات

- ۱- ابتدا کنترلر ربات را روشن کنید.

۲- اگر چراغ limit خاموش باشد به روشی که در بخش نکات ایمنی ربات ذکر شده است، باید ربات به داخل محدوده کاری برگردانده شود.

۳- کمپرسور باد باید روشن شده و شیر هوای آن باز گردد.

۴- کلید گریپر را روی Auto قرار دهید.

۵- کامپیوتر را روشن کنید و با صفحه کلید کامپیوتر دستور زیر را تایپ کنید.

برای ربات MA2000 از دستور <e> MA2000 استفاده کنید.

برای ربات MA3000 از دستور <e> MA3000 استفاده کنید.

۶- بعد از آنکه منوی برنامه ظاهر شد کلید F1 را فشار دهید.

۷- Caps lock را از صفحه کلید کامپیوتر انتخاب کنید.

۸- سوال Clear data area?(Y/N) روی مونیتور ظاهر می گردد Y را تایپ کرده و منتظر شوید.

۹- در این مرحله چراغ Computer Fault روی کنترلر خاموش می شود.

۱۰- اگر کنترلر در حالت Emergency Stop باشد عبارت Emergency Stop Pressed روی مونیتور ظاهر می گردد در این حالت کلید Reset کنترلر را فشار دهید تا چراغ Emergency Stop خاموش شود.

۱۱- اگر کنترلر در حالت Stop باشد عبارت Controller Not in Auto روی مونیتور ظاهر می گردد. در این حالت کلید Auto کنترلر را فشار دهید. چراغ Auto روشن شده و پیغام پس از چند لحظه قطع می شود و پیام زیر روی مونیتور ظاهر میشود:

PRESS <EDIT> FOR TUTOR TEXT
To PARK the ROBOT press <STEP>
To MOVE the ROBOT press <DRIVE>

۱۲- توجه نمایید در محوطه کار ربات شخص یا وسیله ای وجود نداشته باشد تا باعث ایجاد خطر گردد.

۱۳- از این مرحله به بعد دستورات لازم جهت آموزش ربات توسط Keypad روی مونیتور ظاهر می شود.

۱۴- کلید <Edit> را فشار دهید تا متن راهنما بر روی مونیتور بصورت زیر ظاهر شود.

۱۵- کلید <Step> را فشار دهید تا پیغام بعدی بصورت زیر ظاهر شود:

To PARK the ROBOT press <STEP>
To MOVE the ROBOT press <Drive>

۱۶- دوباره کلید <Step> را فشار دهید تا ربات به موقعیت پارک خود منتقل گردد و موقعیت Step0 بصورت زیر ظاهر شود:

MOVING TO PARK POSITION
STEP 0) 7 2 0 0 0 0
 500 400 100 500 500 500 0

۱۷- کلید <Edit> را فشار دهید تا مرحله آموزش ربات شروع شود. در این حالت پیغام زیر روی مونیتور ظاهر میشود:

EDIT with tutor
STEP 0) 7 2 0 0 0 0
 500 400 100 500 500 500 0

Press :
<STEP> <STEP> to select next step.

۱۸- دو بار کلید <Step> را فشار دهید. در این حالت پیغام زیر روی مونیتور ظاهر میشود:

EDIT with tutor
STEP 1) 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0

Press :
<DRIVE> to copy the present position
into this new step

هر قدم دارای سیزده گزینه است که شش گزینه مربوط به فرامین کنترلی و شش گزینه مربوط به فرامین موقعیتی ربات و یک گزینه مربوط به گریپر است. این گزینه ها برای هر قدم به شکل زیر ظاهر میشوند:

RATE MODE IN OUT WAIT JUMP
waist shoulder elbow pitch yaw roll gripper

محدوده تغییرات فرامین کنترلی برای ربات MA2000 بین ۱ تا ۹۹۹ و برای ربات MA3000 بین ۱ تا ۳۰۰۰ است. برای گریپر این عدد بین ۰ و ۱ تغییر میکند.

- RATE : با انتخاب عددی بین ۱ تا ۹، این گزینه امکان تعیین سرعت حرکت بین دو قدم متوالی را برای کاربر فراهم میسازد. معمولاً برای حرکت نرم و روان از عدد ۱ استفاده میشود.
- MODE : نه مود حرکتی برای کنترل ربات وجود دارد که بطور خلاصه بصورت زیر است:
- MODE 1 : این مود حرکتی نبوده و در آن امکان استفاده از INPUT/OUTPUT و WAIT و JUMP وجود دارد.
- MODE 2 : برای آموزش قدم به قدم و حرکت بین دو قدم متوالی با سرعت تعیین شده با RATE کاربرد دارد.
- MODE 3 : در این مود موقعیت فعلی نسبت به موقعیت قبلی سنجیده شده و به ربات آموزش داده میشود نه بر مبنای موقعیت مطلق لذا این مود به مود حرکت نسبی شناخته می شود.
- MODE 4 : این مود، مود جستجو نیز نامیده میشود و مانند مود ۲ است با این تفاوت که وقتی ورودی مشخص شده در قدم مورد نظر به سیستم وارد شد، اجرای قدم مورد نظر متوقف میشود.
- MODE 5 : این مود نیز مانند مود ۴ است با این تفاوت که موقعیت ربات زمانیکه ورودی مورد نظر وارد سیستم میشود، در حافظه ربات ذخیره شده و از آن میتوان در قدم های بعدی استفاده نمود.
- MODE 6 : این مود برای روش آموزش ربات توسط روش Continuous Path بکار میرود. این مود مستقیماً توسط کی پد قابل انتخاب نبوده و بصورت پیش فرض با انتخاب روش آموزش Continuous Path انتخاب میگردد.
- MODE 7 and 8 : استفاده از این مود امکان استفاده از برنامه نوشته شده به زبان BASIC از خط ۱۰۰۰۰ به بعد را برای کاربر فراهم میسازد.
- MODE 9 : این مود نیز مود حرکتی نبوده، و با استفاده از گزینه های زیر برای RATE همراه با WAIT کاربرد دارد:
- RATE 1 : خطای موقعیتی مفاصل را نشان میدهد.
- RATE 2 : موقعیت فعلی مفاصل ربات را نشان میدهد.
- RATE 3 : گشتاور مفاصل ربات را در موقعیت فعلی نشان میدهد.
- RATE 4 : امکان ایجاد شرط پرش مشروط از قدم فعلی به قدم مشخص شده را زمانیکه قدرت موتور به مقدار مشخص شده برسد، برای کاربر فراهم میسازد.
- INPUT : امکان دسترسی به چهار ورودی برای کاربر وجود دارد که مقادیر مثبت ۱ تا ۴ شرط روشن بودن کانال ورودی و اعداد منفی ۱ تا ۴ شرط خاموش بودن ورودی را چک میکنند.
- OUTPUT : امکان دسترسی به چهار خروجی برای کاربر وجود دارد که مقادیر مثبت ۱ تا ۴ برای روشن بودن کانال خروجی و اعداد منفی ۱ تا ۴ شرط خاموش بودن کانال های خروجی را چک میکند.
- WAIT : با تعیین عددی بین ۰ تا ۲۵۵ امکان ایجاد وقفه در اجرای قدم بعدی را بر حسب ثانیه فراهم میسازد. این گزینه از ملزومات مودهای ۱ و ۹ است.
- JUMP : امکان پرش به قدمی که توسط کاربر مشخص شده است را فراهم میکند. عدد صفر به معنی عدم وجود پرش بوده، با قرار دادن عدد ۱- در انتهای زیر برنامه ای که به آن پرش اتفاق افتاده است اجرای برنامه از قدم بعدی پرش امکان پذیر میشود.
- ۱۹- کلید <Drive> را فشار دهید. حال با استفاده از کلیدهای حرکتی روی کی پد میتوان هرکدام از مفاصل ربات را به موقعیت دلخواه منتقل نمود. با فشار دادن مجدد کلید <Drive> میتوان سرعت حرکت مفاصل ربات را سریع تر کرد.
- ۲۰- بعد از انتقال مفاصل ربات به موقعیت مطلوب کلید <Learn> را فشار دهید تا موقعیت مورد نظر به ربات یاد داده شود.
- ۲۱- به همین ترتیب میتوان نقاط مورد نظر را به ربات یاد داد و مسیر مورد نظر را تولید کرد. برای گرفتن یا رها کردن یک جسم توسط گریپر از دستور <Gripper on/off> استفاده کنید.
- ۲۲- برای اجرای کل برنامه با استفاده از کی پد دستور <Run> <Run> را اجرا کنید.
- ۲۳- برای توقف اجرای برنامه از کلید <Hold> استفاده کنید.

که دستور Load یا Save کردن برنامه نوشته شده

- ۱- کلید <Prog> را فشار دهید. روی مونیتور پیغام Sequence Number ظاهر می شود. یک شماره جلوی این پیغام به کمک کی پد تایپ نمایید سپس کلید <Enter> را فشار دهید.
- ۲- پیغام Load or Save روی مونیتور ظاهر می شود در این مرحله می توان برنامه را صدا زده یا آنرا تحت این نام ذخیره نمود.

که دستور پرینت گرفتن از لیست برنامه

- ۱- کلید <Function> را فشار دهید.
- ۲- عدد <3> را توسط کی پد وارد کرده و سپس کلید <Enter> را فشار دهید.
- ۳- روی مونیتور پیغام List From ظاهر می شود. در اینجا شماره دو خط ابتدا و انتها را توسط کی پد وارد نموده و هر بار کلید <Enter> را فشار دهید.
- ۴- لازمست قبل از اجرای دستور پرینت، پرینتر حتما روشن باشد و گرنه پیغام خطا خواهید گرفت و برنامه متوقف می شود.

که دستور لیست گرفتن از مراحل برنامه

- برای لیست گرفتن از برنامه باید ابتدا کلید <List> را فشار داده سپس شماره بین دو مرحله که می خواهید لیست کنید به کمک کی پد تایپ نموده و هر بار کلید <Enter> را فشار دهید.

که کپی کردن یک بلوک از برنامه

- برای کپی کردن یک بلوک برنامه باید کلید <Copy> را فشار داده سپس شماره ابتدا و انتهای بلوک را وارد نموده و بعد از آن شماره های ابتدا و انتهای بلوکی که باید اطلاعات در آن ذخیره شود وارد میشود.

که پاک کردن یک بلوک از برنامه

- برای پاک کردن یک بلوک از برنامه باید کلید <Clear> را فشار داده سپس شماره ابتدا و انتهای بلوک مورد نظر را وارد نمود.

که اجرای برنامه از مرحله شماره n به بعد

- ۱- دستور زیر را توسط کی پد وارد کنید:
<Step> <n> <e>
- ۲- کلید <Drive> را فشار دهید تا ربات به موقعیت تعریف شده در قدم شماره n منتقل شود.
- ۳- کلید <Learn> را فشار دهید.
- ۴- دو بار کلید <Run> را فشار دهید.

جلسه سوم: نوشتن زیر برنامه، ارتباط با ورودی و خروجی

سیستم، بررسی مودهای حرکتی ۳ و ۴

که نوشتن زیر برنامه

گاهی لازمست ربات چند موقعیت پشت سرهم را در مراحل مختلف برنامه طی کند. برای اینکه از یاد دادن موقعیتهای فوق بطور مکرر جلوگیری شود این موقعیتهای درون یک زیر برنامه در انتهای برنامه قرار می گیرند. در طول برنامه هر جا که احتیاج شد ربات به موقعیتهای فوق برود، دستور Jump ربات را به زیر برنامه هدایت می کند و برای آنکه دوباره به داخل برنامه اصلی برگردد باید در انتهای زیر برنامه بعد از آموزش موقعیت، دستور $\langle e \rangle <1> <-> \langle \text{Jump} \rangle$ وارد شود. با این دستور ربات به جایی که از داخل زیر برنامه Jump داده شده بود برگشته و مرحله بعد از آنرا اجرا می کند.

که روشن و خاموش کردن وسایل الکتریکی به کمک کنترلر

در پشت کنترلر چهار چراغ همراه با خروجی های مربوطه موجود می باشد که جهت ارتباط کنترلر و برای کار انداختن یا قطع اتصال دستگاههای خارجی متصل به ربات می باشد. برای ارتباط هر یک از این دستگاهها و فعال شدن آن در زمان دلخواه باید دستور $\langle e \rangle <n> \langle \text{Out} \rangle$ بعد از Learn یک مرحله اجرا شود، n بین ۱ تا ۴ بوده و به مفهوم شماره کانال خروجی است که باید روشن شود. پس از فعال کردن خروجی مورد نظر هر چند قدم که آموزش داده شود، خروجی مربوطه همچنان فعال باقی می ماند تا زمانیکه دستور غیر فعال شدن خروجی مورد نظر در قدم مربوطه وارد شود. برای این منظور بعد از Learn کردن موقعیت، دستور $\langle e \rangle <n> \langle -> \langle \text{Out} \rangle$ وارد شود. در این لحظه خروجی n غیر فعال شده و دستگاه متصل به خروجی خاموش خواهد شد.

که خواندن میکروسوییچ در MODE 1 (برنامه ریزی شرطی)

زمانیکه در برنامه ریزی ربات انجام مرحله ای منوط به شرطی در برنامه باشد، از این مود استفاده می شود. بعنوان مثال اگر میکروسوییچ باز باشد یک فرایند و اگر بسته باشد فرایند دیگری اجرا شود. مثلا میتوان برنامه ای برای ربات طرح کرد که ربات یکسری کارها را انجام دهد در یک مرحله خاص مدت معینی منتظر دریافت ورودی باشد چنانچه در این مدت ورودی دریافت نشود ربات سراغ شماره دستوری که با Jump مشخص شده باشد می رود ولی چنانچه ورودی دریافت شود مرحله بعدی اجرا خواهد شد. این مود با یک خط مشخص می شود و موقعیتهای زاویه در این مرحله وجود ندارد در اینجا باید حتما شماره کانال ورودی (بین ۱ تا ۴ بوده و میکروسوییچ به آن متصل است) و شماره دستوری که در صورت نرسیدن ورودی ربات باید سراغ آن برود مشخص شود.

که حرکت نسبی ربات با استفاده از MODE 3

حرکت نسبی ربات در مود ۳ امکان پذیر است. اعداد ذکر شده برای موقعیت در این مود نسبی بوده و نسبت به موقعیت قبلی ربات سنجیده میشود. صفر نسبی در ربات MA3000 با ۱۵۰۰ و در MA2000 با ۵۰۰ نشان داده میشود. بنابراین اعداد زاویه در مفاصلی که حرکت ندارند در MA3000، ۱۵۰۰ (در ربات MA2000، ۵۰۰) باقی می مانند بنابراین موقعیت مطلق فعلی ربات برابر است با:

$$(500 \text{ برای MA2000 و } 1500 \text{ برای MA3000}) - \text{موقعیت نسبی فعلی} + \text{موقعیت مطلق قبلی}$$

خواندن میکروسویچ در MODE 4 (جستجو)

عملکرد این مود شبیه مود ۲ است، با این تفاوت که در حین انجام عملیاتی قدمی که در این مود نوشته شده، اگر از ورودی مشخص شده سیگنالی برسد اجرای قدم فعلی متوقف شده و قدم بعدی اجرا میشود و اگر سیگنالی دریافت نشود همانند مود ۲ برنامه به مرحله ای که با Jump مشخص شده خواهد رفت. یکی از مهمترین مشخصات این مود امکان دریافت سیگنال ورودی برای ربات در حین حرکت است. در حالیکه مود ۱، مود حرکتی نیست. این مود، مود جستجو نیز نامیده میشود.

جلسه چهارم: آشنایی با مودهای حرکتی ۵، ۷، ۸ و ۹

که خواندن میکروسویچ در MODE 5 (جستجو و یادگیری)

این مود شبیه مود ۴ است با این تفاوت که در صورت رسیدن ورودی مشخص شده در حین انجام قدمی که با مود ۵ نوشته شده، اجرای این قدم متوقف شده و موقعیت ربات هنگام گرفتن ورودی در مرحله ای که با Jump مشخص شده نوشته می شود و سپس مرحله بعدی اجرا خواهد شد، در این حالت موقعیت ذخیره شده در برنامه قابل دسترسی خواهد بود. در صورتی که ورودی مشخص شده تحریک نگردد، ربات قدم جاری را بصورت کامل اجرا کرده و سپس قدم های بعدی بصورت متوالی اجرا میگردند.

که استفاده از MODE 7 و MODE 8

علاوه بر مودهای مختلف برنامه ریزی برای ربات که به کمک کی پد قابل اجرا میباشند، امکانات بیشتری برای توسعه توانایی های برنامه نویسی برای کاربر به کمک مودهای ۷ و ۸ امکان پذیر است. با استفاده از این مودها امکان توقف ربات در حین کار برای کاربر وجود داشته و کاربر میتواند زیر برنامه ای بنام User که به زبان BBC Basic نوشته شده را اجرا کند. این زیر برنامه از خط ۱۰۰۰۰ به بعد نوشته شده و ورودیهای آن Mode, Rate میباشد. به عنوان مثال با استفاده از این امکان، کاربر میتواند آهنگی پخش نموده یا صفحه مونیتور کامپیوتر را پاک کرده یا پیغام خاصی روی مونیتور یا پرینتر بفرستد. برای مثال نمونه ای از این زیر برنامه در انتهای این بخش آورده شده است.

که استفاده از MODE 9

این مود نیز مود حرکتی نبوده و برای ایجاد امکانات بیشتری برای کاربر در جهت طراحی مناسب ضرایب کنترلی، کاهش خطای موقعیتی و فراهم نمودن امکان معیارهای مقایسه ای نظیر وزن بار بر مبنای گشتاور موتورهای مفاصل، ایجاد شده است. استفاده از این مود به روش زیر می باشد.

۱- دو مرتبه کلید <Step> را فشار دهید تا وارد مرحله بعدی شوید.

۲- برای انتخاب مود ۹ دستور زیر را توسط کی پد وارد کنید:

<e> <9> <Mode>

۳- برای اینکه بتوان مقادیر گزارش شده در این مود را مشاهده نمود باید به اندازه m ثانیه مکث نمود برای این منظور دستور زیر را توسط کی پد وارد کنید:

<e> <m> <Wait>

۴- در این مرحله ربات ساکن است و Rate به معنی سرعت حرکت نیست و برای انتخاب عملکردهای متفاوت این مود می باشد. اگر Rate = 1 باشد، مقادیر خطای زوایای مفصلی، اگر Rate = 2 باشد مقادیر زوایای واقعی مفاصل و اگر Rate = 3 باشد قدرت موتورهای مفاصل روی مونیتور گزارش خواهند شد.

۵- برای مشاهده ضرایب کنترلی PID مفاصل ربات از دستور زیر استفاده کنید:

<e> <9> <9> <Mode>

مقادیر ضرایب PID مفاصل عددی بین ۰ تا ۱۹ است. با وارد کردن دستور فوق پیغام زیر روی مونیتور ظاهر میشود:

Please Enter ACCESS CODE ?

۶- که در این حالت باید رمز عبور را وارد کنید.

۷- برای مشاهده ضرایب کنترلی PID مفاصل مختلف از Rate های مختلف بصورت زیر استفاده کنید:

Rate = 1 Waist
 Rate = 2 Shoulder
 Rate = 3 Elbow
 Rate = 4 Pitch
 Rate = 5 Roll (Yaw on MA2000)
 Rate = 6 Roll on MA2000

۸- ضریب تناسبی به کمک In ، ضریب انتگرالی با استفاده از Out و ضریب مشتق گیر با استفاده از Wait برای هر مفصل از عدد ۰ تا ۱۹ قابل تغییر است:

<In> <x> <e>
 <Out> <x> <e>
 <Wait> <x> <e>

نمونه یک زیر برنامه نوشته شده به زبان BBC BASIC

```
10000 DEFPROGuser(R,M)
10001 REM =====
10010 IF M < > 7 THEN ENDPROG
10020 IF R < > 2 or 3 THEN ENDPROG
10030 IF R = 2 THEN PROGload ELSE PROGunload
10040 ENDPROG
10100 DEFPROGload
10110 REM =====
10120 LOCAL a
10130 CLS
10140 PRINT "READY TO PICKUP WORKPIECE"
10150 PRINT "CLEAR AREA"
10160 FOR a = 1T020
10170 SOUND 1,-15,100,20
10180 SOUND 1,0,100,10
10190 NEXT
10200 CLS
10210 ENDPROG
10300 DEFPROGunload
10310 REM =====
10320 LOCAL a
10330 CLS
10340 PRINT "READY TO PUT DOWN WORKPIECE"
10350 PRINT "CLEAR AREA"
10360 FOR a = 1T020
10370 SOUND 1,-15,100,20
10380 SOUND 1,-15,144,10
10390 NEXT
10400 CLS
10410 ENDPROG
```

جلسه پنجم: آشنایی با سایر روشهای برنامه ریزی ربات

□ روش برنامه ریزی Lead-by-the Nose

در این روش ربات با دست به نقطه مورد نظر برده شده و این نقطه به ربات آموزش داده میشود. هنگام اجرای برنامه ربات مسیر مطلوب برای رسیدن به نقطه آموزش داده شده را بر مبنای مینیمم زمان رسیدن به هدف، انتخاب میکند و لزوماً این مسیر همان مسیر پیموده شده در مرحله یادگیری نیست.

که دستورالعمل آموزش ربات توسط روش Lead-by-the-Nose

- ۱- دستور $\langle e \rangle \langle n \rangle \langle \text{STEP} \rangle$ را توسط کی پد وارد کنید.
- ۲- کلید $\langle \text{Drive} \rangle$ را فشار دهید تا ربات آماده وارد کردن دستورات حرکتی شود.
- ۳- در این مرحله به جای استفاده از کلیدهای حرکتی با استفاده از کلید $\langle \text{Lead} \rangle$ که منجر به شل شدن مفاصل ربات میگردد و امکان حرکت بازوهای ربات را توسط دست برای کاربر فراهم میسازد، نقاط مطلوب به ربات آموزش داده خواهد شد، نکته مهمی که باید به آن توجه نمود آنست که قبل از فشردن کلید $\langle \text{Lead} \rangle$ حتماً بازوی ربات با دست گرفته شود تا از افتادن و صدمه خوردن به ربات جلوگیری گردد. چون در این حالت کنترلر، کنترل خود را از ربات قطع میکند.
- ۴- در حالیکه با دست بازوی ربات را در دست دارید، کلید $\langle \text{Lead} \rangle$ را فشار دهید.
- ۵- بعد از شل شدن مفاصل ربات به آرامی ربات را با دست به نقطه مورد نظر هدایت کنید.
- ۶- دوباره کلید $\langle \text{Lead} \rangle$ را فشار دهید تا مفاصل ربات سفت شده و کنترلر، کنترل ربات را به عهده بگیرد.
- ۷- کلید $\langle \text{Learn} \rangle$ را فشار دهید تا نقطه مورد نظر به ربات آموزش داده شود.
- ۸- برای رفتن به قدم بعدی دوبار کلید $\langle \text{Step} \rangle$ را فشار دهید.

□ روش برنامه ریزی Continuous Path

در برخی از کاربردهای ربات نظیر جوشکاری و رنگ پاشی حرکت ربات در مسیر خاصی مورد نظر است. در این حالت آموزش نقطه به نقطه برای این کاربرد مناسب نخواهد بود و ربات باید مسیری را که برای رسیدن به هدف حین آموزش طی میکند هنگام اجرای برنامه طی نماید. در این حالت از روش برنامه ریزی Continuous Path استفاده میشود. در این روش نیز همانند روش Lead-by-the-Nose با فشردن کلید $\langle \text{Path} \rangle$ مفاصل ربات شل شده و ربات با دست به نقطه مورد نظر منتقل میشود و مسیر طی شده هنگام آموزش را نیز در حافظه خود حفظ میکند. هنگام استفاده از این روش باید توجه داشت که در هر برنامه فقط یک بار میتوان از این روش آموزشی استفاده نمود و ماگزیمم ۵۰ ثانیه امکان آموزش یک مسیر برای ربات امکان پذیر است. معمولاً عدد پیش فرض گزینه Rate همراه روش برنامه ریزی Continuous Path ۵ میباشد. برای جلوگیری از بروز مشکلات اجرایی این مقدار را تغییر ندهید.

که دستورالعمل آموزش ربات توسط روش Continuous Path

- ۴- دستور $\langle e \rangle \langle n \rangle \langle \text{STEP} \rangle$ را توسط کی پد وارد کنید.
- ۵- کلید $\langle \text{Drive} \rangle$ را فشار دهید تا ربات آماده وارد کردن دستورات حرکتی شود.
- ۶- بازوی ربات را با دست نگه داشته و کلید $\langle \text{Path} \rangle$ را فشار دهید تا مفاصل ربات شل شود.
- ۷- به آرامی ربات را با مسیر مورد نظر به نقطه مطلوب برسانید.
- ۸- کلید $\langle \text{Hold} \rangle$ را فشار دهید تا مفاصل ربات سفت شده و کنترلر، کنترل ربات را به عهده بگیرد.
- ۹- کلید $\langle \text{Learn} \rangle$ را فشار دهید تا مرحله انجام شده در حافظه ربات ذخیره شود.

□ روش برنامه ریزی Offline

در این روش با استفاده از صفحه کلید کامپیوتر دستورات مورد نیاز برای آموزش ربات داده میشود.

دستورالعمل آموزش ربات توسط روش Offline

- ۱- کلید <Edit> را در حالت Tutor Mode فشار دهید.
- ۲- کلید <Lead> را فشار دهید تا پیام زیر روی مونیتور ظاهر شود:

OFFLINE INPUT of SEQUENCE STEPS

Type

P to use POSTURE numbers.

C to use XYZ Coordinates.

- ۳- در وضعیت حروف بزرگ صفحه کلید P یا C را فشار دهید. P به معنی کار با اعداد زاویه می باشد و C به معنی کار در مختصات کارتزین XYZ می باشد. بعنوان مثال برای شروع بکار P را وارد کنید، سپس پیام زیر روی مونیتور ظاهر می شود:

M for Robot to MOVE to the Positions.

- ۴- M را وارد کنید، سوال زیر روی مونیتور ظاهر میشود:

Don't Go BELOW a Z of?

- ۵- میزان مینیمم ارتفاع نقطه مورد نظر را به کمک صفحه کلید کامپیوتر تایپ نمایید. سپس پیام زیر روی مونیتور ظاهر میشود:

To return to EDIT ZERO

Type Step No.

- ۶- در این مرحله شماره قدم مورد نظر را تایپ کنید، سپس پیام زیر روی مونیتور ظاهر می شود:

Type new value for

RATE MODE INPUT OUTPUT WAIT JUMP

- ۷- مقادیر مورد نظر برای موارد فوق را تایپ کنید، بعد از وارد کردن هر یک از مقادیر مربوطه دکمه Enter را فشار دهید. سپس پیام زیر روی مونیتور ظاهر می شود:

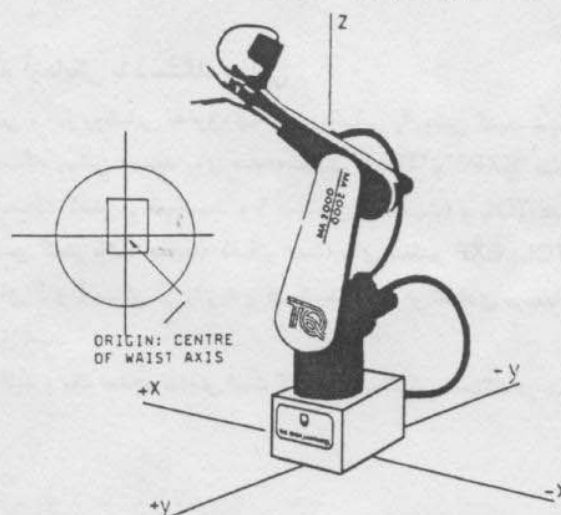
Type new value for

WAIST SHLDR ELBOW PITCH YAW ROLL GRIP

- ۸- وارد کردن مقادیر مربوطه همانند مرحله ۷ می باشد.

- ۹- در این مرحله شماره مرحله بعدی پرسیده می شود. در انتخاب مراحل ترتیب لازم نیست و شماره هر مرحله ای می تواند وارد شود. در صورتی که لازم باشد که دوباره با کی پد کار کنید، عدد صفر را تایپ کنید.

- ۱۰- اگر هدف آموزش ربات در مختصات کارتزین باشد، در مرحله ۳ بجای P کلید C را فشار دهید. در این روش نیز همه مراحل شبیه ۹-۱ می باشد. محورهای مختصات متصل شده به ربات MA2000 در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳- محورهای مختصات متصل شده به ربات MA2000

جلسه ششم: آشنایی با دستگاه بینایی

۸- مقدمه

با توجه به اینکه بسیاری از عملیات صنعتی وابسته به نظارت چشمی اپراتور جهت اطمینان از کیفیت یا تکمیل بودن عملیات و یا اطمینان از رسیدن محصول به یک ایستگاه تولیدی است لذا لزوم آشنایی با دستگاه های بینایی در زمینه اتوماسیون بسیار حائز اهمیت است. آزمایشگاه آموزشی رباتیک قطب علمی طراحی، رباتیک و اتوماسیون دانشگاه صنعتی شریف مجهز به دستگاه بینایی از نوع I-SIGHT A32Xe محصول شرکت TecQuipment میباشد. این دستگاه دارای سیستم بینایی دو بعدی است که قادر است به سیستمهای دیگری نظیر ربات و کامپیوتر متصل گردد. اجزا آن شامل یک دوربین با حساسه حالت جامد است که تصویر دریافتی را به پردازنده منتقل کرده و پردازنده محاسباتی از قبیل مساحت، محیط، مرکز سطح و غیره را انجام می دهد. همچنین قابلیت یادگیری یک تصویر خاص در دستگاه نیز پیش بینی شده است. شکل دستگاه بینایی موجود در آزمایشگاه و متعلقات آن در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

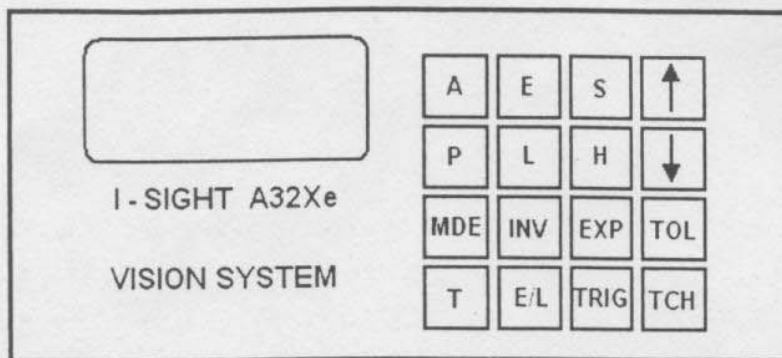


شکل ۱۴- دستگاه بینایی موجود در آزمایشگاه رباتیک و متعلقات آن

۹- مراحل انجام آزمایش با دستگاه بینایی

پس از اتصال دستگاه بینایی و میز روشنایی به برق، ابتدا میز روشنایی را روشن کنید. سپس با نگهداشتن کلید $\uparrow$ دستگاه بینایی را روشن کنید. هنگامیکه دستگاه روشن میشود روی صفحه نمایش "TOL8" و "EXP8" ظاهر میشود. EXP عددی بین ۰ تا ۹ بوده معرف حساسیت به نور است. (۰ کمترین حساسیت و ۹ بیشترین حساسیت) و TOL عددی بین ۰ تا ۸ میباشد و معرف تفرانس دستگاه است. (هر چه تفرانس کمتر باشد، مقایسه دقیقتر است) برای تنظیم EXP (TOL) ابتدا کلید EXP (TOL) را فشار داده و سپس با استفاده از کلیدهای $\uparrow$ و $\downarrow$ میزان آن را زیاد و کم کنید. تصویر از تعدادی مربعهای کوچک ساخته شده است. این دستگاه دارای دقت 30×32 پیکسل است.

دستگاه بینایی دارای ۱۶ کلید و یک صفحه نمایش است که شکل شماتیکی دستگاه در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵ شکل شماتیکی دستگاه بینایی

جسمی را روی میز روشنائی قرار دهید. با جابجایی دوربین روی محور دستگاه و با تغییر دادن مقدار نوردهی EXP تصویر روشنی از جسم روی صفحه نمایش دستگاه بینایی تشکیل دهید.

حال باید روش یادگیری تصویر و مقایسه آن با تصویرهای بعدی را معین نمود. روشهای زیر امکان پذیرند:

- ۱- یادگیری و مقایسه سطح تصویر. این امکان با فشردن کلید A فعال می شود. حرف A روی صفحه نمایش ظاهر می شود.
- ۲- یادگیری و مقایسه محیط تصویر. این امکان با فشردن کلید E فعال می شود. حرف E روی صفحه نمایش ظاهر می شود.
- ۳- یادگیری و مقایسه شکل تصویر (نسبت مساحت به مجذور محیط) این امکان با فشردن کلید S فعال می شود. حرف S روی صفحه نمایش ظاهر می شود.
- ۴- یادگیری و مقایسه نقطه به نقطه (محل، سطح) این امکان با فشردن کلید P فعال می شود. حرف P روی صفحه نمایش ظاهر می شود.

می توان همه موارد فوق را انتخاب کرد. انتخاب مورد S بدون انتخاب A و E امکان پذیر نیست. پس از تنظیم موارد فوق قادر خواهیم بود که تصویری که از جسم مورد نظر تشکیل شده را به دستگاه بینایی یاد دهیم. کافی است که کلید TCH را فشار دهید. در این صورت بسته به این که مینای یادگیری و مقایسه را چگونه انتخاب کرده باشید، سطح، محیط یا شکل تصویر به حافظه دستگاه سپرده خواهد شد. حال اگر جسم را بردارید و جسم دیگری که متفاوت است روی میز روشنائی قرار دهید در پایین صفحه نمایش حرف F (مخفف FALL) ظاهر خواهد شد. اگر جسم را دوباره روی میز روشنائی قرار دهید در پایین صفحه حرف P (مخفف PASS) نشان داده خواهد شد. به این صورت دستگاه شکل جسم را تشخیص می دهد.

۸ ایجاد ارتباط بین رباتهای آزمایشگاه و دستگاه بینایی

در پشت دستگاه ۲۴ کانال خروجی وجود دارد. برای اتصال ربات و دستگاه بینایی از کانال ۴ و ۲۴ استفاده می کنیم. هنگامی که در روی تصویر علامت "P" ظاهر میشود. بین این دو کانال اختلاف ولتاژ حدود ۴/۵ ولت ایجاد میشود. در صورت ظاهر شدن علامت "F" این اختلاف ولتاژ صفر می شود. می توان با وصل کردن یک رله به این خروجی یک کلید قطع و وصل اتوماتیک داشت. چون خروجی حدود ۴/۵ ولت است یک رله ۵ ولت با آمپر کم برای اینکار مناسب می باشد. برای برقرار شدن ولتاژ بسته به این که خروجی رله را از کدام سیمها گرفته باشیم رله بسته یا باز میشود. در این آزمایش با برقرار شدن ولتاژ رله بسته می شود. خروجی رله را به ورودی شماره یک ربات MA2000 وصل کنید. دو قطعه متفاوت انتخاب کرده و یکی از آنها را به دستگاه بینایی بیاموزید. حال برنامه ای بنویسید که در صورت برقرار بودن ورودی شماره یک، یک زیر برنامه و در صورت برقرار نبودن آن یک برنامه دیگر را اجرا کند.

آزمایشگاه رباتیک

جلسه هفتم

هپتیک

1. هپتیک

1.1. مقدمه ای بر هپتیک

ریشه کلمه هپتیک از کلمه ای یونانی¹ به معنی مربوط به حس لامسه گرفته شده است. و به علم احساس به وسیله دست و دستکاری محیط و جسم اطراف به وسیله نیروی لامسه گفته می شود. لمس کردن محیط و یا جسم می تواند به وسیله ماشین یا دست و یا ترکیبی از هر دو صورت پذیرد. همچنین جسم یا محیط می تواند حقیقی یا مجازی باشند.

I.II. Haptic Information

2.1. اطلاعات هپتیکی

- a. Tactile (Cutaneous) Information
 - Spatial Tactile Information
 - Temporal Tactile Information
- b. Kinesthetic (Proprioceptive) Information
- c. Haptic Information (= Tactile + Kinesthetic Information)

3.1. تاریخچه کوتاهی از هپتیک

اوایل قرن بیستم : عبارت " هپتیک" برای اولین بار در روانشناسی مورد استفاده قرار گرفت.

1950-1980: فیدبک نیرو در عملیات از راه دور در رباتیک

1990-1995: پیشرفت غیرمنتظره در هپتیک : اختراع دستگاه فانتوم

1995- تا حال: شاخه ی فعال تحقیق جهانی در زمینه های مختلفی همچون نوع ادراک، وسایل و طراحی الگوریتم های مختلف.

4.1. کاربردهای هپتیک

الف (واقعیت مجازی

واقعیت افزایش یافته

آموزش مجازی

ب (عملیات از راه دور

محیط های خطرناک

محیط های غیر قابل دسترس

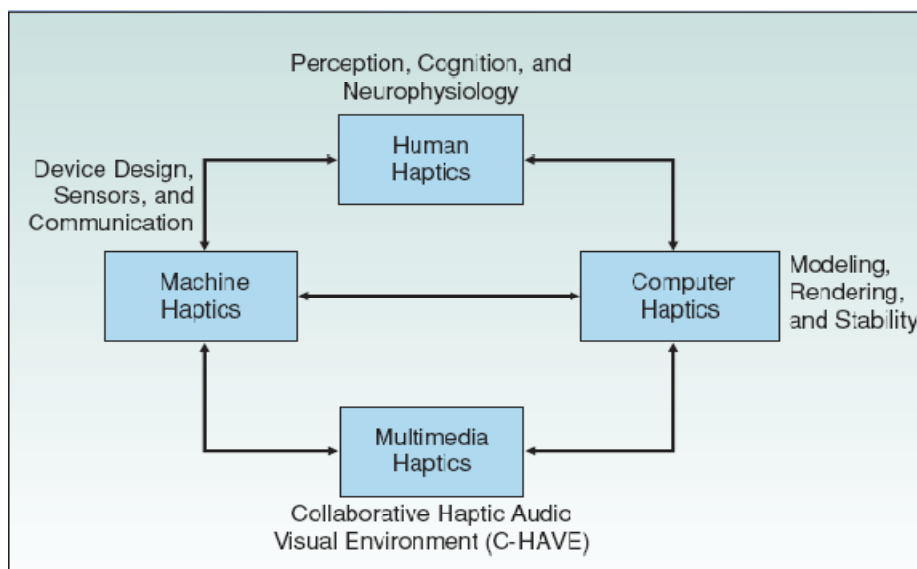
جراحی از راه دور

ج (نمایش اطلاعات

افزایش پهنای انتقال اطلاعات

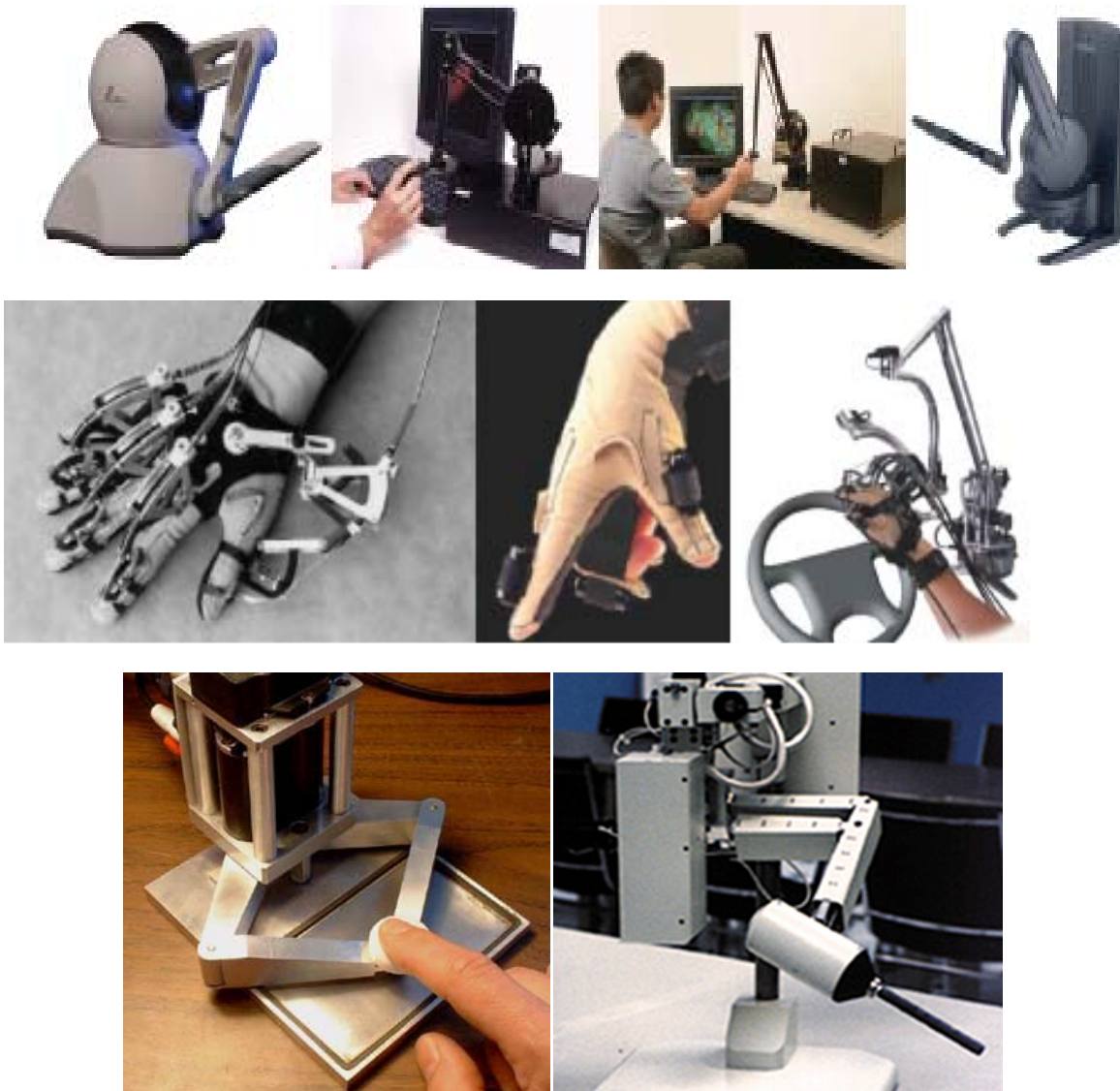
محیطهای حساس اشباع شده

5.1. : شاخه ی فعال تحقیق میان رشته ای هپتیک



CEDRA

6.1. تجهیزات هپتیکی



2. PHANTOM® Omni™ Haptic Device

2. مشخصات دستگاه هپتیک فانتوم امنی

Force feedback workspace	~6.4 W x 4.8 H x 2.8 D in. > 160 W x 120 H x 70 D mm.
Footprint (Physical area device base occupies on desk)	6 5/8 W x 8 D in. ~168 W x 203 D mm.
Weight (device only)	3 lbs. 15 oz.
Range of motion	Hand movement pivoting at wrist



Nominal position resolution	> 450 dpi. ~ 0.055 mm.
Backdrive friction	<1 oz (0.26 N)
Maximum exertable force at nominal (orthogonal arms) position	0.75 lbf. (3.3 N)
Continuous exertable force (24 hrs.)	> 0.2 lbf. (0.88 N)
Stiffness	X axis > 7.3 lbs. / in. (1.26 N / mm.) Y axis > 13.4 lbs. / in. (2.31 N / mm.) Z axis > 5.9 lbs. / in. (1.02 N / mm.)
Inertia (apparent mass at tip)	~0.101 lbm. (45 g)
Force feedback	x, y, z
Position sensing [Stylus gimbal]	x, y, z (digital encoders) [Pitch, roll, yaw ($\pm$ 5% linearity potentiometers)]
Interface	IEEE-1394 FireWire® port
Supported platforms	Intel-based PCs
OpenHaptics™ toolkit compatibility	Yes
Applications	Selected Types of Haptic Research, FreeForm® Modeling™ system, ClayTools™ system

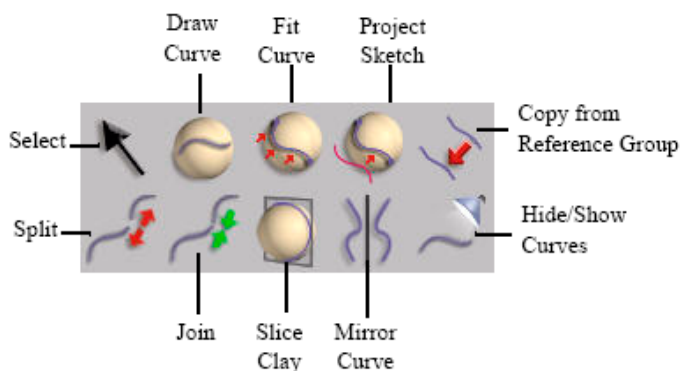
3. به آدرس مشخص شده در زیر بروید و با اجرای برنامه نیرو ها را حس کنید.

Found in Desktop->CEDRA->Haptic. Run the program and see force effects on your hands.

4. از مدرس خود بخواهید تا فیلم های آموزشی و کاربردی هپتیک را برایتان نمایش دهد.

5. نرم افزار ClayTools

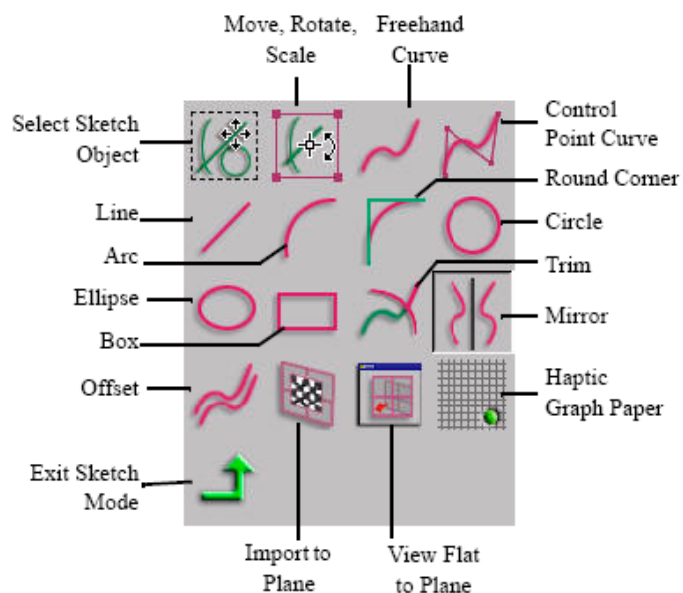
Curves - Use to create and edit 3D curves that can be used to add detail to models.



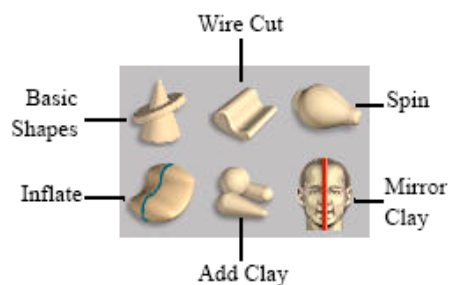
Planes - Use to create and edit planes.



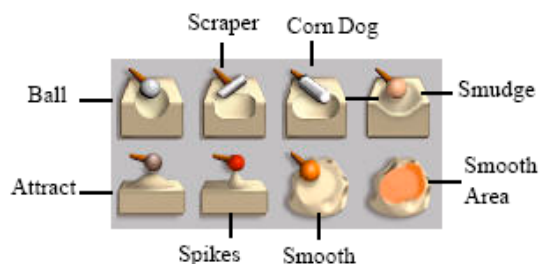
Sketch - Use to sketch on flat 2D drawing planes.



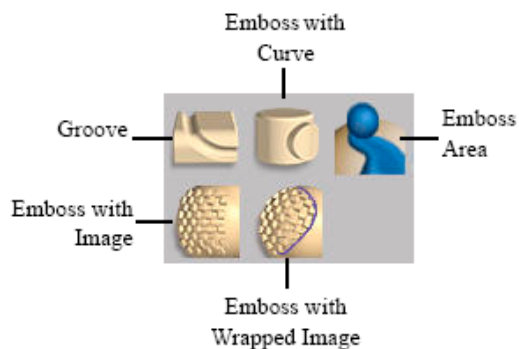
Construct Clay - Use to quickly and easily rough-out models.



Sculpt Clay - Use to modify, refine, and add design details to models.



Detail Clay - Use to modify, refine and add design details to a model.



6. پروژه