فصل ششم

نرم افزار RAK

در این فصل می خوانیم:

- آغاز به کار
- محیط نرم افزار
- منوی اصلی برنامه
- میز کار
- برنامه نویسی در RAK
- ربات PA10-7C میتسوبیشی در RAK
- چند تمرین
- نگاهی بر آن چه گفته شد

نرم افزار RAK[1]، برنامه ای برای مدل سازی و تحلیل سینماتیکی بازو های رباتیک مدار باز تک زنجیره ای است و دارای دو بخش مدل سازی و تحلیل می باشد.

مدل سازی به دو شیوه ی موقعیت مفاصل و پارامتر های دناویت-هارتنبرگ انجام می شود و نرم افزار قادر به تبدیل این دو مدل سازی به یکدیگر می باشد. همچنین نرم افزار تصویری نمادین از ربات را در فضای سه بعدی ارائه می دهد.

در بخش تحلیل نرم افزار می توان موقعیت، سرعت و شتاب نقاط مختلف بازو را با توجه به مقادیر مفاصل مشخص نمود. این نرم افزار دارای یک محیط برنامه نویسی به دو زبان جاوا و ویژوال بیسیک برای کنترل بهتر حرکت ربات و ارتباط نرم افزار با سایر برنامه ها و یا سخت افزار های کامپیوتر و ... می باشد. همچنین می توان به کمک این نرم افزار نمودار هایی از وضعیت های مختلف حرکت ربات تهیه نمود.

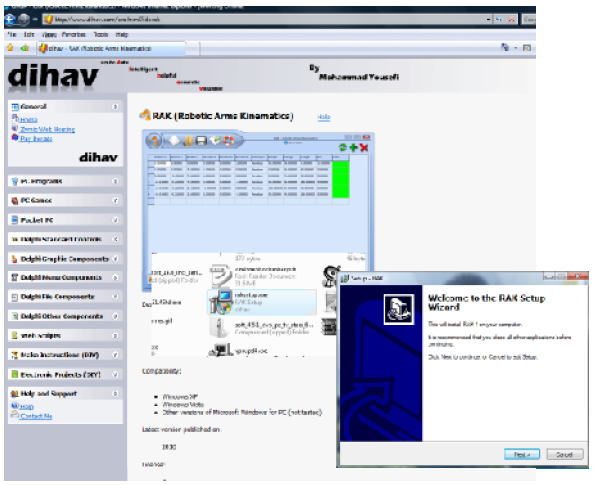
نرم افزار RAK توسط زبان برنامه نویسی دلفی به منظور اجرا تحت ویندوز در مدتی نزدیک به یک سال طراحی شده است. برای طراحی این نرم افزار حدود بیست هزار خط کد برنامه نویسی دلفی نوشته شده است. حداقل سیستم مورد نیاز برای نصب و اجرای نرم افزار RAK به شرح زیر پیشنهاد می شود:

- پردازنده با سرعت 1 GHz
- 512 MB حافظه ی اصلی (RAM)
- 50 MB فضای خالی بر روی حافظه ی جانبی
- کارت گرافیک با حافظه ی 64 MB
- مایکروسافت ویندوز XP یا Vista

[1] Robotic Arms Kinematics

۶-۱ آغاز به کار

با مراجعه به آدرس اینترنتی http://www.dihav.com/pro.html?id=rak جدید ترین نسخه ی نرم افزار RAK را دریافت نمایید و برای نصب برنامه، فایل RAKSetup.exe را که در بسته ی دریافت شده می باشد اجرا نمایید پس قبول توافق نامه، تعیین مسیر نصب برنامه، پوشه ی منوی Start و میان بر ها با کلیک بر روی دکمه ی Install برنامه بر روی کامپیوتر شما نصب می شود.



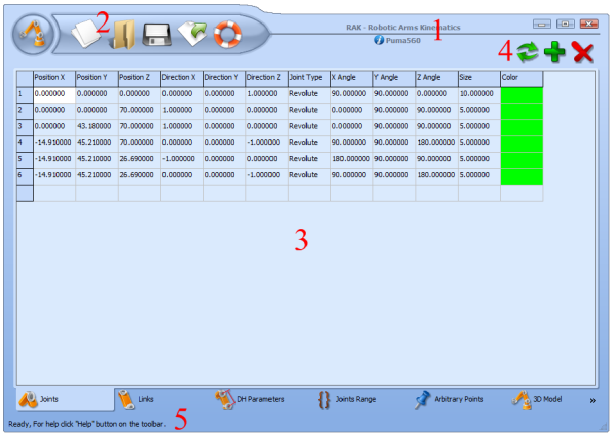
شکل ۶-۱: دریافت و نصب برنامه

پس از نصب برنامه ی RAK بر روی کامپیوتر آن را از روی Desktop و یا از منوی Start→All Programs اجرا نمایید.

شکل ۶-۲: اجرای برنامه

۶-۲ محیط نرم افزار

پنجره ی نرم افزار RAK شامل چند بخش اصلی زیر می باشد:



شکل ۶-۳: نمای نرم افزار RAK

۶-۲-۱ نوار عنوان

شامل نام نرم افزار، نام فایل جاری دکمه ی نمایش و ویرایش توضیحات اضافی ربات ( ) و دکمه هایی برای بزرگ و کوچک کردن پنجره ی برنامه و خروج از آن می باشد و با نگه داشتن کلید چپ موشواره بر روی آن و تکان دادن ماوس (درگ کردن) می توان پنجره ی برنامه را جا به جا نمود.

شکل ۶-۴: نوار عنوان

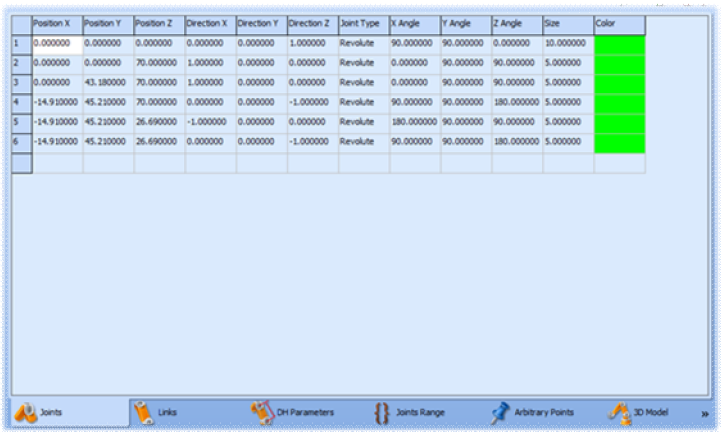
۶-۲-۲ نوار ابزار اصلی

این بخش شامل دکمه ای برای باز کردن منوی اصلی برنامه ( ) با کلید میان بر F2 و تعدادی دکمه برای دسترسی سریع به موارد پرکاربرد منوی اصلی نظیر فایل جدید ( )، گشودن فایل ( )، ذخیره ی فایل ( )، صدور صفحه ی جاری ( ) و راهنما ( ) می باشد.

شکل ۶-۵: نوار ابزار اصلی

۶-۲-۳ میز کار

بخشی می باشد که کلیه ی عملیات مربوط به ربات در آن انجام می شود و در زیر آن تعدادی دکمه برای رفتن به صفحات مختلف می باشد.



شکل ۶-۶: میز کار

۶-۲-۴ نوار ابزار صفحه ی جاری

در این نوار دکمه هایی برای انجام عملیات مربوط به صفحه ی جاری میز کار می باشد که قابل دسترسی با کلید های F8 تا F5 می باشند.

شکل ۶-۷: نوار ابزار صفحه ی جاری

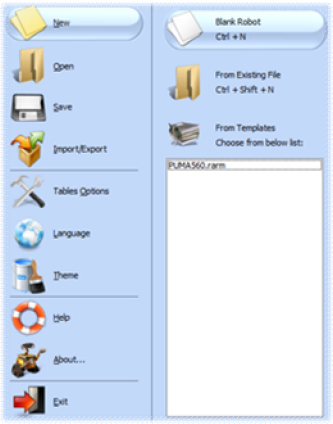
۶-۲-۵ نوار وضعیت

نواری که در پایین ترین قسمت نرم افزار وجود دارد و وضعیت فعلی برنامه و راهنمایی کوتاهی در مورد برنامه و عملیات جاری نمایش می دهد و به کمک گوشه ی سمت راست آن می توان اندازه ی پنجره را تغییر داد.

شکل ۶-۸: نوار وضعیت

۶-۳ منوی اصلی برنامه

در این منو کلیه ی اعمال مربوط به فایل ها، تنظیمات نرم افزار، راهنما و اطلاعات اضافی قابل دسترسی می باشد.



شکل ۶-۹: منوی جدید

۶-۳-۱ گزینه ی جدید[1] ( )

این گزینه ی شامل سه مورد برای آغاز طراحی یک ربات جدید می باشد. گزینه ی اول ربات خالی[2] ( ) می باشد که یک فایل خالی بدون هیچ اطلاعاتی را ایجاد می کند و کلید میان بر آن Ctrl + N است. گزینه دوم از فایل موجود[3] ( ) است که یک فایل ربات که از قبل ایجاد شده را برای انجام تغییرات و ذخیره با عنوان جدید باز می نماید و کلید میان بر آن Ctrl + Shift + N است. گزینه ی سوم ایجاد یک ربات جدید از الگو ها[4] ( ) می باشد که با کلیک کردن بر روی هر یک از الگو های داخل لیست زیر آن رباتی جدید مطابق با آن الگو ساخته می شود.

شکل ۶-۱۰: منوی گشودن

۶-۳-۲ گزینه ی گشودن[5] ( )

گزینه ی گشودن دارای دو زیر مجموعه یکی برای گشودن یک فایل موجود[6] ( ) با کلید میان بر Ctrl + O و دیگری برای باز کردن فایلی که اخیراً باز شده است[7] ( ) می باشد که با کلیک کردن بر روی فایل مورد نظر در لیست زیر این گزینه انجام می شود.

---

[1] New
[2] Blank Robot (Ctrl + N)
[3] From Existing File (Ctrl + Shift + N)
[4] From Templates
[5] Open
[6] Existing File (Ctrl + O)
[7] Recently Opened File

۶-۳-۳ گزینه ی ذخیره سازی[1] ( )

این گزینه برای ذخیره ی تغییرات انجام شده می باشد. گزینه ی اول آن ذخیره ی ربات[2] ( ) تغییرات را در فایل جاری ذخیره می نماید و اگر فایل از قبل ذخیره نشده باشد نام و مسیر ذخیره ی فایل را می پرسد کلید میان بر این گزینه Ctrl + S است. گزینه ی دوم ذخیره با نام جدید[3] ( ) می باشد که اطلاعات را در یک فایل جدید ذخیره می نماید و کلید میان بر آن Ctrl + Shift + S است. سومین گزینه ذخیره به عنوان الگو[4] ( ) می باشد که ربات را به عنوان یکی از الگو های نرم افزار ذخیره می نمایند برای این کار کافی است نام الگو را در کادر زیر این گزینه تایپ نموده و کلید Enter را بزنید.

شکل ۶-۱۱: منوی ذخیره سازی

۶-۳-۴ گزینه ی ورود/صدور[5] ( )

این گزینه شامل مواردی برای وارد نمودن یا ذخیره ی فایل هایی با فرمت های غیر از فرمت اصلی ربات های این نرم افزار (rarm) و چاپ جداول، تصاویر، برنامه و نمودار ها می باشد. گزینه ی ورود به صفحه ی جاری[6] ( ) با کلید میان بر Ctrl + I فایل انتخاب شده را وارد می کند و در صفحه ی جاری قرار می دهد گزینه ی ورود[7] ( ) با میان بر Ctrl + Shift + I با توجه

شکل ۶-۱۲: منوی ورود/صدور

---

[1] Save
[2] Save Robot (Ctrl + S)
[3] Save as ... (Ctrl + Shift + S)
[4] Save as Template
[5] Import/Export
[6] Import to Current Page (Ctrl + I)
[7] Import (Ctrl + Shift + I)

به نوع فایل آن را در صفحه ی مربوط به آن قرار می دهد و در صورتی که یک فایل قابلیت اضافه شدن به چندین صفحه را داشته باشد در صورت پذیرش آن توسط صفحه ی جاری به آن صفحه و در صورت عدم پذیرش به اولین صفحه ای که فایل را بپذیرد اضافه می شود. انواع فایل های قابل ورود به این نرم افزار عبارتند از:

۱. جدول اطلاعات (csv, txt) برای صفحات مفاصل، رابط ها، دناویت-هارتنبرگ، نقاط اختیاری، مقادیر مفاصل و سینماتیک.
۲. تصاویر (bmp, jpg, gif, png, rps) برای افزودن به مدل سه بعدی.
۳. مدل های سه بعدی (3ds, prj, obj, objf, md2, q3bsp, bsp, stl) برای افزودن در صفحه ی مدل سه بعدی.
۴. برنامه (js, vbs, txt) برای افزودن در صفحه ی برنامه نویسی.

گزینه ی صدور صفحه ی جاری[1] ( ) با کلید میان بر Ctrl + E اطلاعات صفحه ی جاری را با فرمت خروجی انتخاب شده استخراج می نماید. گزینه ی صدور همه[2] ( ) با میان بر Ctrl + Shift + E کلیه ی اطلاعات ربات در حالت جاری (طراحی/تحلیل) را استخراج می نماید. انواع فرمت های خروجی این نرم افزار عبارتند از:

۱. جدول اطلاعات (csv, txt, html) برای صفحات مفاصل، رابط ها، دناویت-هارتنبرگ، نقاط اختیاری، مقادیر مفاصل، چهارچوب ها و سینماتیک.
۲. تصاویر (bmp, jpg, gif, png, rps) برای صفحه ی مدل سه بعدی.
۳. مدل سه بعدی (wrl) برای صفحه ی مدل سه بعدی.
۴. برنامه (js, vbs, txt) برای صفحه ی برنامه نویسی.
۵. تصاویر (bmp, emf, wmf, png) برای نمودار ها.
۶. جدول اطلاعات (txt, xls, tee) برای نمودار ها.

---

[1] Export Current Page (Ctrl + E)
[2] Export All (Ctrl + Shift + E)

سه گزینه ی آخر این منو مربوط به چاپ اطلاعات می باشد. گزینه ی چاپ[۱] ( ) با کلید میان بر Ctrl + P پس از انتخاب چاپگر مورد نظر و تنظیمات آن و تعیین تعداد کپی و ترتیب صفحات اطلاعات صفحات منتخب را به چاپگر می فرستد. گزینه ی پیش نمایش چاپ[۲] ( ) با کلید میان بر Ctrl + Shift + P پیش نمایشی از چاپ اطلاعات صفحات منتخب را ارائه می دهد. گزینه ی تنظیمات چاپ[۳] ( ) برای تعیین اندازه ی کاغذ، جهت کاغذ، حاشیه ی صفحات، اطلاعات سر برگ و پایین برگ و ... می باشد.

۶-۳-۵ گزینه ی تنظیمات جداول[۴] ( )

شکل ۶-۱۳: منوی تنظیمات جداول

در گزینه ی تنظیمات جداول می توان نحوه ی حرکت بین خانه های جداول با زدن کلید Enter به منظور سهولت در ورود اطلاعات ربات، واحد کمیت های نمایش داده شده در نرم افزار و قلم جدول ها را تغییر داد. برای تعیین نحوه ی حرکت در خانه های جداول با زدن کلید Enter بر روی هر یک از گزینه های هفت گانه ی بالای منو کلیک نمایید. با انتخاب کمیت مورد نظر از لیست کشویی می توانید واحد آن را تغییر دهید. با کلیک کردن بر روی دکمه ی قلم[۵] پنجره ای باز می شود که به کمک آن می توانید قلم جداول را تغییر دهید.

شیوه های مختلف حرکت در جداول با زدن کلید Enter به صورت افقی، عمودی، اولویت ورود اطلاعات بر اساس مختصات نقاط، بردار جهت گیری، زاویه با محور های مختصات، گروه ستون ها با اطلاعات مشابه و موارد ضروری هر جدول می باشد. شما می توانید با آزمایش هر کدام از این گزینه ها در جدول ها به کارایی آن ها بهتر پی برید و گزینه ی مناسب خود را برگزینید.

---

[1] Print (Ctrl + P)
[2] Print Preview (Ctrl + Shift + P)
[3] Print Setup
[4] Tables Options
[5] Font

۶-۳-۶ گزینه ی زبان[1] ( )

شکل ۶-۱۴: منوی زبان

از این گزینه برای تغییر زبان نرم افزار می توان استفاده نمود. لازم به ذکر است که هر فرد می تواند با ترجمه ی فایل English.lng که در پوشه ی Languages واقع در محل نصب نرم افزار وجود دارد به زبان خود و ذخیره ی آن با نام زبان مورد نظر در همین پوشه و قرار دادن تصویری با فرمت PNG در اندازه ی ۳۲×۳۲ پیکسل به عنوان آیکون زبان با نام زبان مورد نظر در پوشه ی Languages یک زبان جدید به نرم افزار اضافه نماید. همچنین در صورت تمایل می تواند فایل راهنمای نرم افزار واقع در پوشه ی Help در محل نصب نرم افزار را نیز به زبان خود ترجمه نماید.

پس از انتخاب زبان مورد نظر می توان نام و آدرس پست الکترونیکی مترجم را در پایین لیست زبان ها مشاهده نمود.

۶-۳-۷ گزینه ی زمینه[2] ( )

شکل ۶-۱۵: منوی زمینه

در گزینه ی زمینه می توان رنگ محیط نرم افزار و قلم آن را تغییر داد برای تغییر رنگ تعدادی رنگ استاندارد و سه نوار موقعیت برای تعیین رنگ دلخواه قرار دارد.

---

[1] Language
[2] Theme

۶-۳-۸ گزینه ی راهنما[1] ()

در زیر مجموعه ی راهنما گزینه هایی برای دسترسی به فهرست راهنمای نرم افزار[2] () با کلید میان بر F1، جستجو در راهنما[3] () با کلید میان بر Ctrl + F1، راهنمای اینترنتی[4] () با کلید میان بر Shift + F1، راهنمای برنامه نویسی به زبان جاوا[5] () و ویژوال بیسیک[6] () و فهرستی از برنامه های دوره ی آموزشی نرم افزار[7] () موجود می باشد. دو گزینه ی اول فایل راهنمای زبان جاری را نمایش می دهند و در صورتی که راهنما برای زبان انتخاب شده موجود نباشد راهنمای انگلیسی به نمایش در می آید. گزینه سوم با رفتن به آدرس اینترنتی http://www.dihav.com/hlp.html?id=rak فهرستی از سوالات مطرح شده توسط سایر کاربران به همراه پاسخ آن ها را نشان می دهد همچنین بخشی برای مطرح ساختن سوالات جدید وجود دارد که پس تایپ سوال و فرستادن آن در اولین فرصت ممکن پاسخ به پست الکترونیکی شما ارسال می شود. گزینه های چهارم و پنجم راهنمای برنامه نویسی Active Script به زبان جاوا و ویژوال بیسیک می باشند که توسط شرکت مایکروسافت تهیه شده اند. در پایین منو لیست فایل های آموزشی قرار دارد که با کلیک کردن بر روی هر کدام از آن ها می توانید از آن بهره ببرید.

شکل ۶-۱۶: منوی راهنما

---

[1] Help
[2] Help Contents (F1)
[3] Search Help (Ctrl + F1)
[4] Online Help (Shift + F1)
[5] Java Script Help
[6] VB Script Help
[7] Tutorials

۶-۳-۹ گزینه ی درباره ی ... [1]

شکل ۶-۱۷: منوی درباره ی ...

این گزینه شامل اطلاعاتی در مورد نرم افزار [2]، توافق نامه [3]، ارسال پیشنهاد ها [4]، جستجو برای دریافت بسته ی به روز رسانی نرم افزار [5] بر روی اینترنت و رفتن به صفحه ی اینترنتی [6] RAK به آدرس http://www.dihav.com/pro.html?id=rak می باشد.

۶-۳-۱۰ گزینه ی خروج [7]

شکل ۶-۱۸: منوی خروج

آخرین گزینه مربوط به خروج از محیط نرم افزار می باشد که دارای چهار زیر مجموعه ی خروج [8] با کلید میان بر Alt + F4، ذخیره و خروج [9] با کلید میان بر Ctrl + F4، خروج بدون ذخیره سازی [10] و مخفی کردن برنامه [11] با کلید میان بر Shift + F4 می باشد. گزینه ی اول در صورتی که فایل ویرایش یافته باشد پیش از خروج سوالی در مورد ذخیره سازی فایل می پرسد. پس از مخفی نمودن برنامه به کمک گزینه ی چهارم، آیکون آن در System Tray به نمایش در می آید که با کلیک کردن بر روی آن برنامه دوباره ظاهر می شود و با کلیک راست

---

[1] About...
[2] About RAK
[3] License
[4] Send Comments
[5] Check for Updates
[6] Homepage
[7] Exit
[8] Exit (Alt + F4)
[9] Save and Exit (Ctrl + F4)
[10] Exit without Saving
[11] Hide Program (Shift + F4)

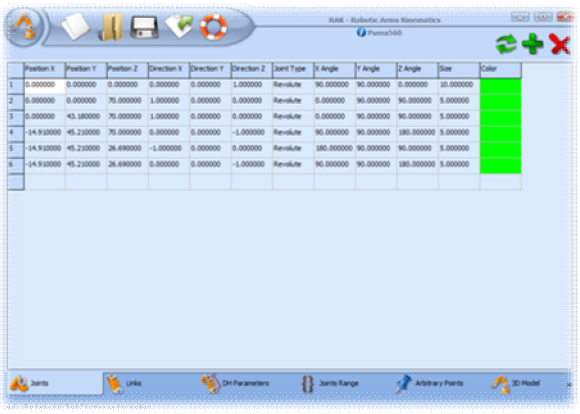
نمودن بر روی آن منویی باز می شود که شامل دو گزینه یکی برای نمایش یا مخفی کردن دوباره ی برنامه و دیگری برای حذف آیکون از System Tray می باشد.

۶-۴ میز کار

همان طور که گفته شد میز کار نرم افزار دارای تعدادی دکمه برای تغییر صفحات آن می باشد این صفحات به دو بخش کلی طراحی و تحلیل تقسیم شده اند.

۶-۴-۱ صفحه ی مفاصل[1] ( )

در این صفحه جدول مدل ربات بر اساس موقعیت مفاصل وجود دارد که شامل مولفه های x، y و z موقعیت، بردار جهت مفصل، نوع مفصل، زوایای آن با محور های مختصات، اندازه (کمی کمتر از قطر استوانه ی سازنده ی مفصل) و رنگ مفصل برای نمایش آن در مدل سه بعدی می باشد. با ویرایش اطلاعات سطر خالی جدول سطر جدیدی به آن اضافه می شود. با کلیک بر روی عنوان ستون نوع مفصل و یا رنگ می توان مقدار تمام خانه های زیر آن را یک باره تغییر داد.



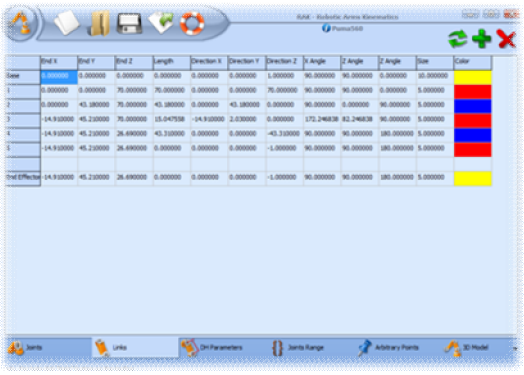
شکل ۶-۱۹: صفحه ی مفاصل

[1] Joints

برای افزودن یک سطر خالی بالای سطر جاری جدول از دکمه ی افزودن سطر[1] ( ) واقع در نوار ابزار صفحه جاری می توان استفاده کرد. دکمه ی حذف سطر[2] ( ) برای حذف سطر جاری و دکمه ی بازآوری[3] ( ) برای اعمال تغییر بر روی مدل با توجه به مقادیر جدول می باشند البته عملیات بازآوری با توجه به اطلاعات جدول مفاصل به صورت خودکار با تغییر صفحه ی کاری انجام می شود.

۶-۴-۲ صفحه ی رابط ها[4] ( )

در این صفحه جدول موقعیت انتهای رابط ها، طول آن ها، بردار جهت گیری آن ها، زاویه ی آن ها نسبت به محورهای مختصات، اندازه ی آن ها (قطر استوانه ی رابط) و رنگ آن ها وجود دارد.



شکل ۶-۲۰: صفحه ی رابط ها

در این جدول نیز می توان با زدن دکمه ی افزودن سطر ( ) یک سطر جدید بالای موقعیت فعلی در جدول افزود و با دکمه ی حذف سطر ( ) سطر جاری را حذف و با دکمه ی بازآوری ( ) تغییر مدل بر اساس اطلاعات این جدول را انجام داد در این صفحه نیز با تغییر صفحه، مدل خود به خود بازآوری می شود. با کلیک بر روی عنوان ستون رنگ می توان رنگ تمام رابط ها را یک باره تغییر داد.

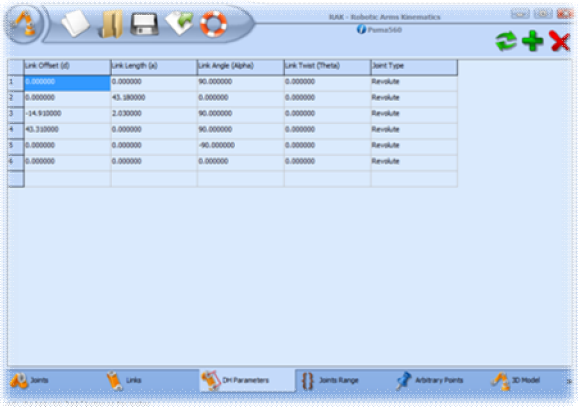
---

[1] Insert Row
[2] Delete Row
[3] Refresh
[4] Joints

۶-۴-۳ صفحه ی پارامترهای دناویت-هارتنبرگ[1] ( )

در این صفحه پارامتر های مدل سازی دناویت-هارتنبرگ ربات یعنی طول رابط (a)، جا به جایی رابط (d)، زاویه ی پیچش (α) و زاویه ی رابط (θ) به علاوه ی نوع مفصل وجود دارد.

کلیه ی دکمه های نوار ابزار مربوط به این صفحه مشابه صفحه ی مفاصل و رابط ها می باشند. البته در این بخش با تغییر صفحه مدل بازآوری نمی شود و برای بازآوری مدل بر اساس این پارامتر ها حتماً باید از دکمه ی بازآوری ( ) استفاده نمود علت این کار این است که ممکن است با بازآوری مدل بر اساس پارامتر های دناویت-هارتنبرگ موقعیت های تعریف شده در سایر صفحات تغییر نماید و شکل ربات تغییر کند. با کلیک بر روی عنوان ستون نوع مفصل می توان نوع تمام مفاصل را یک باره تغییر داد.



شکل ۶-۲۱: صفحه ی پارامترهای دناویت-هارتنبرگ

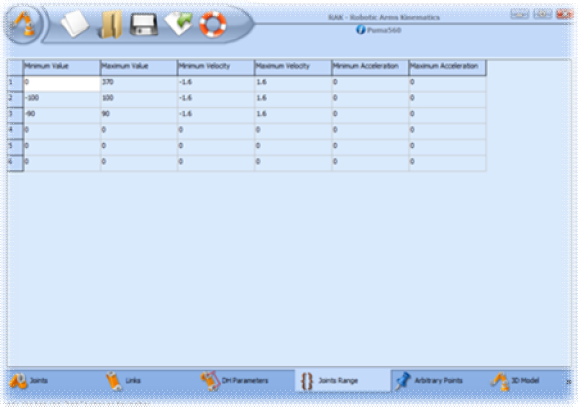
در ضمن جهت بردار هر مفصل با توجه به تعریف کاربر تعیین می شود بنابراین ممکن است بر خلاف آن چه در بخش ۴-۲-۱ قرداد نمودیم در این مدل سازی به مقادیر منفی و یا بزرگتر از ۱۸۰° برخورد نماییم علت این کار آن است که اگر جهت بردار مفصل تغییر نماید جهت حرکت مفصل بر خلاف انتظار کاربر می شود.

---

[1] DH Parameters

۶-۴-۴ صفحه ی حد مفاصل[1] ( )

در این صفحه مقادیر مجاز متغیر های مفاصل (مقدار، سرعت و شتاب) مشخص می شود. در صورتی که حداقل و حداکثر مقدار یک پارامتر مفصل هر دو صفر باشند برنامه محدودیتی برای آن پارامتر مفصل در نظر نمی گیرد.



شکل ۶-۲۲: صفحه ی حد مفاصل

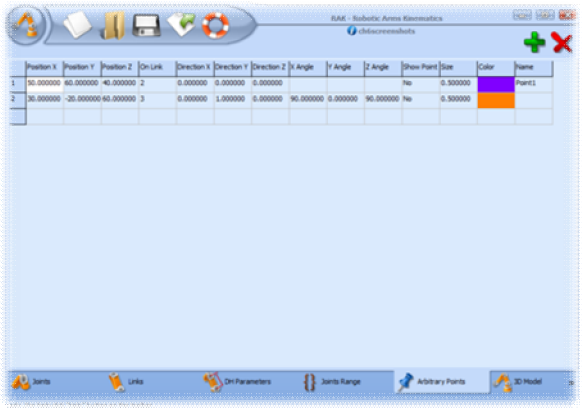
۶-۴-۵ صفحه ی نقاط اختیاری[2] ( )

به کمک جدول این صفحه می توان نقاطی اختیاری در روی مدل ربات تعریف کرد و به بررسی پارامتر های سینماتیکی آن ها پرداخت این جدول شامل ستون هایی برای تعیین مولفه های x، y و z موقعیت نقطه، رابطی که نقطه روی آن قرار دارد، مولفه های x، y و z بردار جهت گیری نقطه و زاویه ی آن با محور های مختصات، اندازه ی نقطه در مدل سه بعدی (قطر کره ی بیان گر نقطه) و رنگ آن می باشد و در آخرین ستون جدول می توان یک نام برای نقطه تعیین نمود. مشخص کردن بردار جهت گیری برای یک نقطه، اختیاری است و در صورت عدم نیاز می تواند خالی رها شود و یا با صفر مقداردهی گردد. با کلیک بر روی عنوان ستون نمایش نقطه و یا رنگ می توان مقدار تمام خانه های زیر آن را یک باره تغییر داد.

---

[1] Joints Range
[2] Arbitrary Points

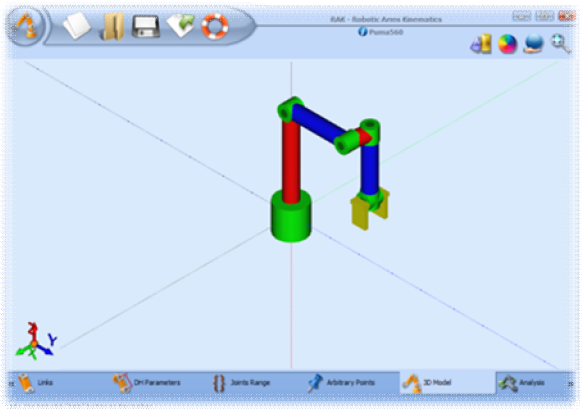
در این صفحه نیز می توان با دکمه های افزودن نقطه ی اختیاری ( ) و حذف نقطه ی اختیاری () سطر های جدول را زیاد و کم نمود.



شکل ۶-۲۳: صفحه ی نقاط اختیاری

۶-۴-۶ صفحه ی مدل سه بعدی[1] ( )

در این صفحه مدل سه بعدی ساده ای از ربات به نمایش در می آید با حرکت نشان گر ماوس بر روی ربات نام هر یک از اجزای آن را می توانید در نوار وضعیت ببینید.



شکل ۶-۲۴: صفحه ی مدل سه بعدی

[1] 3D Model

در نوار ابزار این صفحه چهار دکمه به شرح زیر وجود دارد:

یک دکمه ی برای تغییر ابزار پیمایش[1] مدل است که شامل چهار گزینه ی تمام ابزار ها[2] ( )، چرخش[3] ( )، جا به جایی[4] ( ) و تغییر اندازه[5] () می باشد با هر کدام از این ابزار ها و درگ کردن ماوس بر روی صفحه ی مدل می توان به پیمایش مدل پرداخت. زمانی که تمام ابزار ها انتخاب شده باشند دکمه ی چپ ماوس کار ابزار چرخش دکمه ی وسط کار ابزار جا به جایی و دکمه ی راست آن کار ابزار تغییر اندازه را انجام می دهد.

دکمه ی نمای اولیه[6] ( ) برای باز گرداندن مدل به موقعیت اولیه و نمایش تمام آن می باشد.

دکمه ی رنگ زمینه ی صحنه[7] ( ) همان طور که از اسمش پیداست برای تغییر رنگ زمینه ی صحنه به کار می رود برای باز گرداندن رنگ صحنه به رنگ پیش فرض کافی است بر روی دکمه ی مربوط به زمینه ی جاری در منوی زمینه کلیک کنید.

با کلیک بر روی دکمه ی اشیا صحنه[8] ( ) پنجره ای باز می شود که به کمک آن می توان اجسامی خارجی را در صحنه اضافه نمود و خواص آن ها را ویرایش نمود.

۱-۶-۴-۶ پنجره ی اشیا صحنه

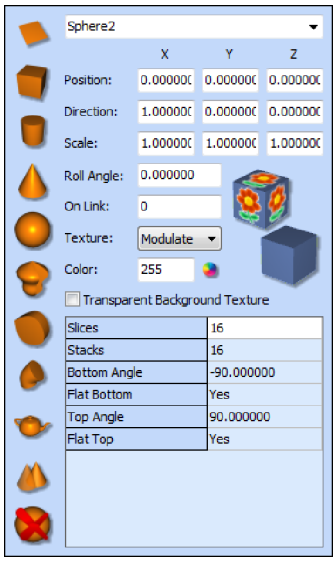
در این پنجره تعدادی دکمه برای افزودن اشکال سه بعدی نظیر صفحه[9] ( )، مکعب[10] ( )، استوانه[11] ( )، مخروط[12] ( )،

---

[1] Navigation Tool
[2] All Tools
[3] Rotate
[4] Pan
[5] Zoom
[6] Reset View
[7] Scene Background Color
[8] Scene Objects
[9] Plane
[10] Cube
[11] Cylinder
[12] Cone

کره[1] ( )، جسم دوار[2] ( )، جسم برجسته[3] ( )، لوله[4] ( ) و جسم دلخواه[5] ( ) از یک فایل خارجی وجود دارد. دو دکمه نیز برای رونوشت[6] ( ) و حذف[7] ( ) شیء مورد نظر می باشد.

هر کدام از اجسام موجود در صحنه غیر از ربات، نقاط اختیاری و چهارچوب ها را می توان به کمک جعبه ی کشویی بالای این پنجره انتخاب نمود. پس از انتخاب یک جسم از جعبه ی کشویی اجسام می توان کلیه ی خواص آن را تغییر داد. برای تغییر نام جسم، نام جدید را در جعبه ی کشویی اجسام تایپ نمایید. موقعیت، جهت، مقیاس، زاویه حول بردار جهت (زاویه ی غلت)، رابطی که جسم با آن حرکت می کند، تصویر و رنگ خواصی می باشند که در تمامی اجسام وجود دارند هر جسم گروه دیگری از خواص دارد که مخصوص خود می باشد و با انتخاب جسم در جدول پایین این پنجره به نمایش در می آیند و عبارتند از تعداد تصاویر در هر راستای صفحه، تعداد تقسیمات زاویه ای و عمودی، شعاع بالا و پایین استوانه، زاویه ی بالا و پایین کره، حالت سطح بالا و پایین کره، صفحات انتهایی، انحنای جسم، زاویه ی شروع و پایان دوران، جا به جایی در هر دور، نقاط تشکیل دهنده ی صفحه ی جسم دوار، کانتور ها و نقاط کانتور های جسم برجسته و نقاط مسیر لوله می باشند. برای افزودن یک نقطه به جسم کافی است در محل مورد نظر در جدول خواص کلید Insert را فشار دهید، برای افزودن یک کانتور Y نقطه ی اول آن را برابر – و در صورت تمایل به انحنای کانتور Z آن را برابر صفر قرار دهید.



شکل ۶-۲۵: پنجره ی اشیاء صحنه

برای حذف یک جسم آن را انتخاب و کلید حذف شیء را بزنید و برای کپی برداری از شیء انتخاب شده کلید رونوشت را بزنید.

---

[1] Sphere
[2] Revolution
[3] Extrusion
[4] Pipe
[5] Custom Object
[6] Duplicate Object
[7] Delete Object

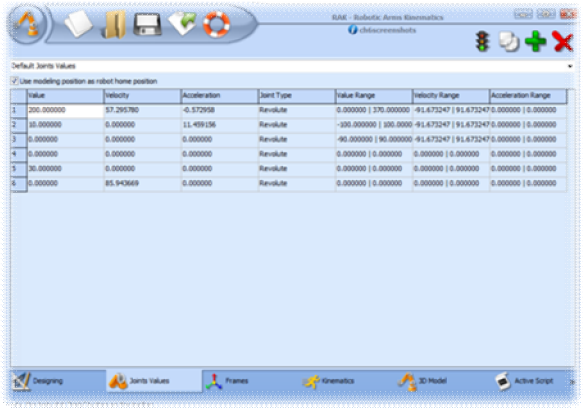
۶-۴-۷ تغییر حالت برنامه (طراحی/تحلیل)

با کلیک بر روی دکمه ی تحلیل[1] ( ) مجموعه ی دکمه های مربوط به صفحات طراحی ربات ناپدید شده و دکمه های مربوط به صفحات تحلیل سینماتیکی آن به نمایش در می آید. اگر در مدل سازی اشکالی وجود داشته باشد برنامه با نمایش پیغام خطایی درخواست اصلاح آن پیش از ورود به بخش تحلیل را می نماید. اشکالات موجود در جداول به صورت خانه هایی با حاشیه ی قرمز رنگ مشخص شده اند.

پس از ورود به حالت تحلیل با کلیک بر روی دکمه طراحی[2] ( ) دوباره به حالت طراحی می گردیم و دکمه های مربوط به صفحات تحلیل مخفی و دکمه های مربوط به صفحات طراحی به نمایش در می آیند.

۶-۴-۸ صفحه ی مقادیر مفاصل[3] ( )

در این صفحه می توان مقادیر موقعیت، سرعت و شتاب مفاصل را در جدول مربوط به آن ویرایش نمود. چهار ستون دیگر در این جدول وجود دارند که نوع مفصل و مقادیر حداقل و حداکثر پارامتر های آن را فقط نمایش می دهند.



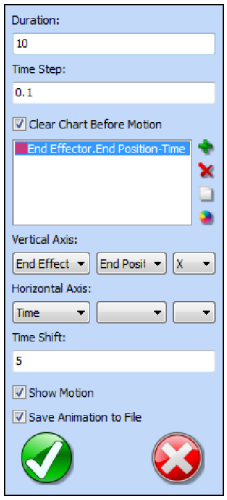
شکل ۶-۲۶: صفحه ی موقعیت مفاصل

---

[1] Analysis
[2] Designing
[3] Joints Values

برای راحتی کار و توانایی تعریف چندین مقدار مختلف برای مفاصل می توان مجموعه هایی تعریف کرد که در جعبه ی کشویی بالای صفحه لیست می شوند و هر کدام دارای مقادیری مجزا برای پارامتر های مفاصل می باشند. با زدن دکمه ی افزودن مجموعه[۱] ( ) در نوار ابزار این صفحه یک مجموعه ی جدید زیر مجموعه ی فعلی اضافه می شود، با زدن دکمه ی رونوشت مجموعه[۲] ( ) یک کپی از مجموعه ی جاری زیر آن اضافه می شود و با زدن دکمه ی حذف مجموعه[۳] ( ) مجموعه ی جاری حذف می شود. برای تغییر نام یک مجموعه آن را انتخاب کرده نام جدید را در جعبه ی مربوط به انتخاب مجموعه تایپ نمایید لازم به ذکر است اولین مجموعه که مجموعه ی مقادیر پیش فرض[۴] است غیر قابل حذف و تغییر نام می باشد. جعبه ای در زیر لیست مجموعه ها قرار دارد که با روشن کردن آن موقعیتی که ربات در آن موقعیت مدل سازی شده به عنوان موقعیت خانه در نظر گرفته می شود در صورت خاموش بودن این جعبه موقعیتی که در آن کلیه ی پارامتر های متغیر مربوط به مفاصل در مدل سازی دناویت-هارتنبرگ[۵] صفر می باشد به عنوان موقعیت خانه ی ربات در نظر گرفته می شود و مقادیر مفاصل نسبت به آن سنجیده می شود.

با زدن دکمه ی حرکت ربات[۶] ( ) در نوار ابزار این صفحه پنجره ی حرکت ربات باز می شود که به کمک آن می توان ربات را به مقدار مورد نظر حرکت داد و نمودار ها و انیمیشن حرکت آن را تهیه نمود.



شکل ۶-۲۷: پنجره ی حرکت ربات

۶-۴-۸-۱ پنجره ی حرکت ربات

در این این پنجره با مشخص کردن مدت زمان حرکت و فاصله ی بین

---

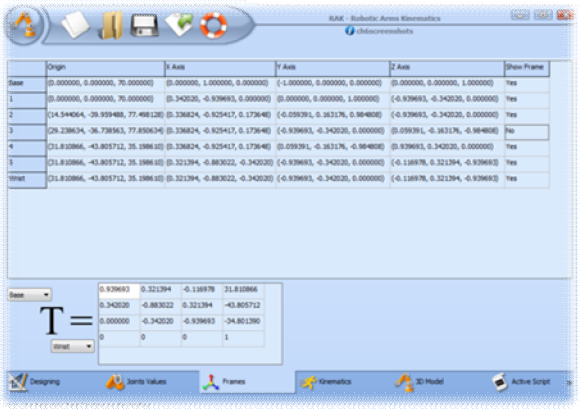
[1] Insert Set
[2] Duplicate Set
[3] Delete Set
[4] Default Joints Values
[5] رجوع شود به بخش ۴-۴
[6] Move Robot

مرحله های حرکت بر حسب ثانیه و زدن دکمه ی تایید ربات با توجه به مقادیر مفاصل جاری به مقدار مشخص شده حرکت می کند. در صورت تمایل می توان با افزودن مواردی به لیست نمودار ها و انتخاب متغیر های محور های نمودار و رنگ نمودار اقدام به تهیه ی نمودار هایی از این حرکت نمود. همچنین می توان این حرکت ربات را در نمای سه بعدی مشاهده و در فایلی ذخیره نمود.

۶-۴-۹ صفحه ی چهارچوب ها[1] ( )

در این صفحه چهارچوب های مربوط به مدل سازی دناویت-هارتنبرگ را می توان مشاهده نمود. در جدول این صفحه پنج ستون وجود دارد:

۱. موقعیت مبدا چهارچوب
۲. بردار x چهارچوب
۳. بردار y چهارچوب
۴. بردار z چهارچوب
۵. نمایش چهارچوب در مدل سه بعدی (با کلیک بر روی عنوان ستون می توان وضعیت نمایش تمام چهارچوب ها را یک باره تغییر داد.)



شکل ۶-۲۸: صفحه ی چهارچوب ها

در پایین جدول می توان ماتریس تبدیل بین چهارچوب های مختلف را مشاهده نمود.

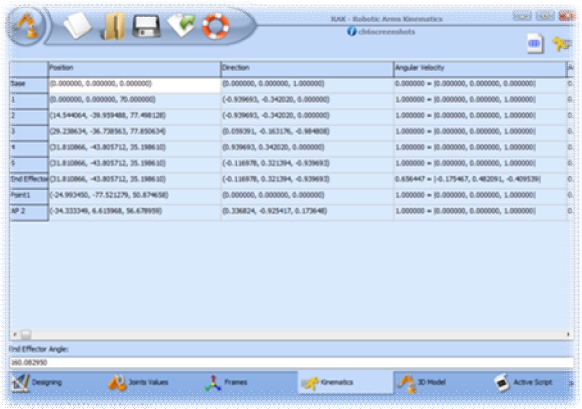
---

[1] Frames

۶-۴-۱۰ صفحه ی سینماتیک[1] ( )

در این صفحه مقادیر سینماتیک مستقیم ربات شامل موقعیت، جهت گیری، سرعت زاویه ای، شتاب زاویه ای، سرعت و شتاب خطی با توجه به مقادیر مفاصل به نمایش در می آید.

اولین و دومین ستون از سطر پایه تا مجری نهایی مربوط به موقعیت و بردار جهت مفاصل انتهای هر کدام از رابط ها می باشند، ستون اول و دوم سطر مجری نهایی موقعیت و بردار جهت مجری نهایی و ستون اول و دوم سطر های بعدی موقعیت و بردار جهت نقاط اختیاری می باشند. سومین و چهارمین ستون مربوط به سرعت و شتاب زاویه ای رابط ها می باشند. منظور از سرعت و شتاب زاویه ای نقطه ی اختیاری سرعت و شتاب زاویه ای رابطی است که نقطه بر روی آن قرار دارد. پنجمین و ششمین ستون مربوط به سرعت و شتاب خطی انتهای رابط ها و نقاط اختیاری می باشند. بردار های سرعت و شتاب با چهار عدد که عدد اول بیان گر اندازه ی بردار و سه عدد دیگر مولفه های x، y و z بردار می باشند نمایش داده شده اند. در پایین جدول سینماتیک جعبه ای وجود دارد که زاویه ی دوران مجری نهایی حول راستای آن را نسبت به حالت اولیه ی مدل سازی نمایش می دهد.



شکل ۶-۲۹: صفحه ی سینماتیک

در نوار ابزار این صفحه دو دکمه وجود دارد دکمه ی پاک کردن جدول[2] ( ) کل جدول

---

[1] Kinematics
[2] Clear Table

سینماتیکی را پاک می کند در این حالت می توان هر مقداری را که مطلوب باشد در جدول وارد نمود سپس با زدن دکمه ی سینماتیک وارون[1] () در صورت امکان مفاصل در وضعیتی که نتیجه ی وارد شده در جدول را می دهند قرار می گیرند. برای وارد کردن موقعیت و بردار جهت گیری دلخواه سه مولفه ی x، y و z بردار را به ترتیب وارد کرده و آن ها را با علامت , از یک دیگر جدا نمایید می توان این سه عدد را بین دو علامت () یا [] یا | | قرار داد. برای وارد کردن بردار های سرعت و شتاب نیز به همین روش اقدام نمایید و در صورتی که اندازه ی آن نیز مورد نظر است ابتدا اندازه را وارد کرده سپس علامت = را قرار داده و بعد از آن مولفه های بردار را بنویسید و در صورتی که تنها اندازه ی سرعت یا شتاب مورد نظر است در کادر مربوط به آن فقط مقدار اندازه را تایپ نمایید. اگر مقدار تعدادی از مولفه برای شما مهم نیست به جای آن ها از علامت *، ? و یا x استفاده نمایید. در صورتی که عبارت تایپ شده شکل نا مناسب یا اشکال مقداری یا محاسباتی داشته باشد مستطیل قرمزی دور آن کشیده می شود.

به عنوان مثال مقادیر زیر برای کلیه ی خانه ها معتبر می باشند:

- 10, –8, 5
- (10, –8, 5)
- [10, –8, 5]
- |10, –8, 5|
- 10, *, 5
- 10, ?, 5
- 10, x, 5
- 7, x, x

و مقادیر زیر برای خانه های مربوط به سرعت و شتاب معتبر و برای خانه های موقعیت و جهت گیری نا معتبر می باشند:

- 1.414 = 1, 0, 1

---

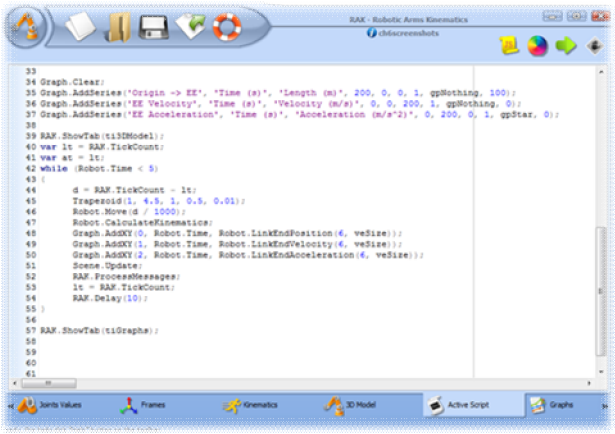
[1] Inverse Kinematics

- 1.414 = (1, 0, 1)
- 1.414 = [1, 0, 1]
- 1.414 = |1, 0, 1|
- 2 = 1, *, ?
- 2 = |1, x, *|
- 2 = (1, 1, *)
- 5.362

موارد زیر نیز اشکال داشته و مناسب هیچ یک از خانه ها نمی باشند:

- 2 = 1, 0, 1
- 2 = 2, 3, *
- 1, 0, z
- *
- 1, 2
- 2 = 1, 0

۶-۴-۱۱ صفحه ی برنامه نویسی[1] ( )



شکل ۶-۳۰: صفحه ی برنامه نویسی

[1] Active Script

در این صفحه یک ویرایشگر متنی برای نوشتن برنامه ای برای کنترل ربات وجود دارد در نوار ابزار این صفحه چهار دکمه یکی برای اجرای برنامه[۱] ( ) با کلید میان بر F9، یکی برای توقف اجرای برنامه[۲] ( ) با کلید میان بر F12، یکی برای تغییر زبان برنامه نویسی بین جاوا[۳] ( ) و ویژوال بیسیک[۴] ( ) و یک دکمه ی دیگر برای تغییر رنگ زمینه ی برنامه[۵] ( ) وجود دارد.

با کلیک راست بر روی ویرایشگر برنامه منویی باز می شود که شامل گزینه ها و امکاناتی برای راحتی کار با ویرایشگر می باشد. گزینه های این منو عبارتند از:

۱. بازگردانی[۶] ( ): عملیات قبلی را باز می گرداند. (تا ۱۰۲۴ مرحله)
۲. اجرای دوباره[۷] ( ): عملیات باز گردانده شده را دوباره اجرا می کند.
۳. برش[۸] ( ): متن انتخاب شده را در کلیپ برد قرار می دهد و آن را حذف می کند.
۴. کپی[۹] (): متن انتخاب شده را در کلیپ برد قرار می دهد.
۵. جای گذاری[۱۰] ( ): متن موجود در کـلیپ برد را در مـحل مورد نظر قرار می دهد.
۶. انتخاب همه[۱۱]: تمام متن را انتخاب می کند.
۷. جستجو/تغییر[۱۲] (): پس از انتخاب این گزینه پنجره ای باز می شود که به کمک آن می توان به جستجو و جایگزینی یک متن خاص در برنامه پرداخت.
۸. غیر قابل ویرایش[۱۳]: با انتخاب این گزینه متن برنامه غیر قابل ویرایش شده و فقط قابل خواندن می باشد.

---

[1] Execute Script (F9)
[2] Stop Running Script (F12)
[3] Java Script
[4] VB Script
[5] Script Background Color
[6] Undo (Ctrl + Z)
[7] Redo (Ctrl + Shift + Z)
[8] Cut (Ctrl + X)
[9] Copy (Ctrl + C)
[10] Paste (Ctrl + V)
[11] Select All (Ctrl + A)
[12] Find/Replace (Ctrl + F)
[13] Read Only

۹. گشودن[۱] ( ): برنامه ی موجود در یـک فایل خارجی را باز می کـند و به جای برنامه ی جاری قرار می دهد.

۱۰. افزودن از فایل[۲]: برنامه ی موجود در یک فایل خارجی را باز می کند و در محل جاری در برنامه اضافه می نماید.

۱۱. ذخیره در فایل[۳] (): برنامه را در یک فایل خارجی ذخیره می کند.

۱۲. علامت گذاری[۴]: یکی از ده نشانه ی موجود را در موقعیت فعلی قرار می دهد.

۱۳. رفتن به علامت[۵]: به موقعیت نشانه ی مورد نظر می رود.

۱۴. ضبط/قطع ضبط عملیات[۶] ( ): شروع به ذخیره ی توالی فشرده شدن کلید های صفحه کلید در ویرایشگر می کند و در صورت در حال اجرا بودن ذخیره سازی، آن را متوقف می کند.

۱۵. اجرای عملیات[۷] ( ): توالی فشرده شدن کلید های صفحه کلید را اجرا می کند.

۱۶. گشودن فایل عملیات[۸]: توالی ضبط شده در یک فایل را باز می کند.

۱۷. ذخیره ی عملیات[۹]: توالی ضبط شده را در یک فایل خارجی ذخیره می نماید.

۱۸. اجرای برنامه[۱۰] ( ): برنامه را اجرا می کند.

۱۹. توقف اجرای برنامه[۱۱] ( ): اجرای برنامه را متوقف می کند.

۲۰. زبان برنامه نویسی[۱۲]: زبان برنامه نویسی را مشخص می نماید.

---

[1] Open File
[2] Insert from File
[3] Save to File
[4] Toggle Bookmark (Ctrl + Shift + 0-9)
[5] Go to Bookmark (Ctrl + 0-9)
[6] Record/Stop Recording Macro (Ctrl + R)
[7] Playback Macro (Ctrl + Shift + R)
[8] Load Macro
[9] Save Macro
[10] Execute Script (F9)
[11] Stop Running Script (F12)
[12] Script Language

۶-۴-۱۲ صفحه ی نمودار ها[1] ( )

شکل ۶-۳۱: صفحه ی نمودار ها

در این صفحه نمودار هایی که توسط برنامه کشیده می شوند قابل مشاهده می باشند. به کمک دکمه ی ابزار پیمایش[2] در نوار ابزار این صفحه ابزار پیمایش مورد نظر را انتخاب نمایید. پس از انتخاب ابزار بزرگ نمایی[3] ( ) با کشیدن یک مستطیل بر روی نمودار توسط نشان گر ماوس می توان موقعیت مورد نظر در نمودار را بزرگ نمایی کرد و پس از انتخاب ابزار جا به جایی[4] ( ) با حرکت نشان گر ماوس بر روی نمودار حین فشردن دکمه ی آن می توان نمودار را جا به جا کرد و در حالتی که همه ی ابزار ها[5] ( ) انتخاب شده باشد دکمه ی چپ ماوس کار ابزار بزرگ نمایی و دکمه ی راست ماوس کار ابزار جا به جایی را انجام می دهد. برای بازگرداندن نمودار به اندازه های اصلی دکمه ی نمایش کل نمودار[6] ( ) را کلیک کنید. به کمک دکمه ی رنگ زمینه ی نمودار[7] ( ) نیز می توانید رنگ زمینه ی نمودار را تغییر دهید و برای باز گرداندن زمینه ی نمودار به رنگ پیش فرض کافی است بر روی دکمه ی مربوط به زمینه ی

---

[1] Graphs
[2] Navigation Tool
[3] Zoom
[4] Pan
[5] All Tools
[6] View Entire Chart
[7] Graph Background Color

جـاری در منوی زمـینه کـلیک کنید. با کـلیک کردن بر روی دکـمه ی حذف سـری های انتخاب شده[1] ( ) کلیه ی خطوط قابل دیدن نمودار از آن حذف می شوند.

۶-۵ برنامه نویسی در RAK

همان طور که پیش تر نیز گفته شد در نرم افزار RAK یک محیط برنامه نویسی در اختیار کاربر قرار داده شده که به کمک آن می توان به تحلیل، شبیه سازی، تهیه ی نمودار ها و انیمیشن، ارتباط با سایر نرم افزار ها و سخت افزار های کامپیوتر، کنترل حرکت یک ربات و بسیاری از کارهای دیگر پرداخت. این محیط قابلیت برنامه نویسی به دو زبان جاوا و ویژوال بسیک را به کمک Microsoft Active Script در اختیار کاربر قرار می دهد. از آن جایی که منابع بسیاری برای این دو زبان برنامه نویسی موجود می باشد از توضیح مفصل آن ها در این مقاله خودداری نموده و تنها به بیان پاره ای از ویژگی ها و دستورات پر کاربرد آن ها اکتفا می نماییم که یقیناً کامل نبوده و کاربر برای تسط بهتر بر برنامه نویسی با این زبان ها در نرم افزار RAK باید به منابع جامع تر مراجعه نماید و به این توضیحات مختصر اکتفا ننماید. فایل های راهنمای تهیه شده توسط شرکت مایکروسـافت برای Active Script یکی از کـامل تـرین و بـهترین مـنابع یادگیری ایـن زبـان ها می باشند که همراه این برنامه بوده و از منوی راهنمای نرم افزار قابل دسترسی می باشند.

در این بخش بیشتر به توضیح فایل ها و اشیای مربوط به برنامه نویسی و ارتباط با نرم افزار RAK می پردازیم.

توجه نمایید که در برنامه نویسی کلیه اعداد به جز آن هایی که با توابع تبدیل واحد تبدیل یافته اند و یا واحد آن ها ذکر شده است برحسب واحد های SI (رادیان، متر و ثانیه) می باشند.

---

[1] Delete Selected Series

۶-۵-۱ عملگر ها

جدول ۶-۱: عملگر های پرکاربرد Java Script و VB Script

عملکرد	VB Script	Java Script
جمع	+	+
تفریق	–	–
ضرب	*	*
تقسیم	/	/
تقسیم صحیح	\	
باقیمانده	Mod	%
توان	^	
جایگزینی	=	=
تساوی	=	==
نامساوی	<>	!=
کوچک تر	<	<
بزرگ تر	>	>
کوچک تر یا مساوی	<=	<=
بزرگ تر یا مساوی	>=	>=
و منطقی	And	&&
یا منطقی	Or	||
نقیض منطقی	Not	!

۶-۵-۲ دستور ها

یک مجموعه از دستورات در جاوا با { شروع و با } تمام می شود و در ویژوال بیسیک با دستور آغاز و با End تمام می شود.

جدول ۶-۲: تعدادی از دستور های Java Script و VB Script

دستور	VB Script	Java Script
توضیحات	... Rem یا '...	//... یا /*...*/
عمومی	Public ...	
خصوصی	Private ...	
ثابت	Const ...	
متغیر	Dim ...	var ...

اگر ... در غیر این صورت	If شرط Then
	دستورات
	[else
	دستورات]
	End If
		If (شرط)
		دستورات
		[else
		دستورات]

انتخاب	Select Case عبارت
	Case مقدار۱
	دستورات
	...
	Case Else مقدار۲
	دستورات
	End Select
		switch (عبارت) {
		case مقدار۱:
		دستورات
		case مقدار۲:
		دستورات
		...
		default:
		دستورات
		}

حلقه ی شمارش اعداد صحیح	For شمارنده = شروع To پایان [Step گام] دستورات Next	for (مقدار اولیه; شرط ادامه; تغییر هر مرحله) دستورات
حلقه	While شرط ادامه دستورات Wend	while (شرط ادامه) دستورات
قطع تکرار حلقه ی جاری		continue;
شکستن حلقه	Exit For یا Exit Do	break;

رفع خطا	On Error Resume Next یا On Error GoTo 0	try دستورات catch(متغیر خطا) دستورات خطا
ایجاد خطا		throw خطا;
روال	Sub نام [(پارامتر ها)] دستورات End Sub	

تابع	Function نام [(پارامتر ها)]
	دستورات
	End Function
		function نام ([پارامتر ها])
		{
		دستورات
		}

خروجی تابع	مقدار = نام	return(مقدار);

۶-۵-۳ لیست عبارات

در هر مکان از برنامه با فشردن هم زمان کلید های Ctrl + Space می توانید به لیستی از اشیا، خواص، روال ها، توابع، ثابت ها و متغیر های قابل استفاده در آن بخش دست یابید همچنین با تایپ نقطه پس از نام یک شیء لیست خواص، روال ها و توابع آن به نمایش در می آید.

۶-۵-۴ فایل Constants

این فایل حاوی ثابت های عددی قابل استفاده در توابع مختلف می باشد و در پوشه ی Include واقع در محل نصب نرم افزار RAK قرار دارد.

برای ضمیمه نمودن یک فایل در برنامه می بایست مسیر و نام فایل را پس از عبارت INCLUDE با یک فاصله در خطوط ابتدای برنامه پیش از هر دستور یا توضیحی اضافه نمود و کل خط را به کمک // یا ' به شکل توضیحات در آورد. برای افزودن هر فایل نیاز به یک خط می باشد. در صورتی که از ذکر مسیر کامل فایل خودداری شود برنامه ابتدا به جستجوی فایل در پوشه ی Include و در صورت عدم موفقعیت به جستجوی فایل در پوشه ای که ربات در آن ذخیره شده است می پردازد همچنین در صورتی که از ذکر پسوند فایل خودداری شود برنامه پسوند js. یا vbs. را با توجه به زبان برنامه برای آن انتخاب می کند.

۶-۵-۵ فایل Math

این فایل نیز در پوشه ی Include قرار داشته و حاوی پاره ای از ثابت ها و توابع ریاضی به شرح زیر می باشد:

ثابت ها

بی نهایت $(+\infty)$	Infinity
منفی بی نهایت $(-\infty)$	NegInfinity
عدد پی $(\pi = 3.14159265358979)$	PI
عدد نپر $(e = 2.71828182845905)$	E

توابع

مقدار e^x را بر می گرداند	Exp(x)
مقدار لگاریتم طبیعی x را بر می گرداند	Ln(x)
مقدار لگاریتم x در مبنای ۱۰ را بر می گرداند	Log10(x)
مقدار لگاریتم x در مبنای base را بر می گرداند	LogB(x, base)
مقدار گرد شده ی x با توجه به 10^{digit} را بر می گرداند	Round(x, digit)
مقدار x^2 را بر می گرداند	Sqr(x)
مقدار $x^{0.5}$ را بر می گرداند	Sqrt(x)
مقدار $base^{exponent}$ را بر می گرداند	Power(base, exponent)
علامت x را بر می گرداند (۱،۰،-۱)	Sign(x)
مقدار قدر مطلق x را بر می گرداند	Abs(x)
بین a و b مقدار بزرگ تر را بر می گرداند	Max(a, b)
بین a و b مقدار کوچک تر را بر می گرداند	Min(a, b)
یکسان بودن a و b با خطای epsilon را بر می گرداند	SameValue(a, b, epsilon)

IsZero(x, epsilon)	صفر بودن x با خطای epsilon را بر می گرداند
Ceil(x)	کوچک ترین عدد صحیح بزرگ تر یا مساوی x را بر می گرداند
Floor(x)	بزرگ ترین عدد صحیح کوچک تر یا مساوی x را بر می گرداند
InRange(x, value1, value2)	قرار داشتن x بین value1 و value2 را بر می گرداند
EnsureRange(x, value1, value2)	مقدار x محدود بین value1 و value2 را بر می گرداند
FixNumber(x, digit)	مقدار بریده شده ی x با توجه به 10^{digit} را بر می گرداند
Random()	یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ تولید می کند
Cos(x)	مقدار کسینوس x را بر می گرداند
Sin(x)	مقدار سینوس x را بر می گرداند
Tan(x)	مقدار تانژانت x را بر می گرداند
ArcCos(x)	مقدار زاویه با کسینوس x را بر می گرداند
ArcSin(x)	مقدار زاویه با سینوس x را بر می گرداند
ArcTan(x)	مقدار زاویه با تانژانت x را بر می گرداند
ArcTan2(y, x)	مقدار زاویه ی نقطه ی (x, y) را بر می گرداند
Cosh(x)	مقدار کسینوس هیپربولیک x را بر می گرداند
Sinh(x)	مقدار سینوس هیپربولیک x را بر می گرداند
Tanh(x)	مقدار تانژانت هیپربولیک x را بر می گرداند
ArcCosh(x)	مقدار زاویه با کسینوس هیپربولیک x را بر می گرداند
ArcSinh(x)	مقدار زاویه با سینوس هیپربولیک x را بر می گرداند
ArcTanh(x)	مقدار زاویه با تانژانت هیپربولیک x را بر می گرداند

۶-۵-۶ شیء RAK

این شیء حاوی خواص، روال ها و توابع مربوط به محیط نرم افزار می باشد که برای دست یابی به آن ها کافی است پس از تایپ عبارت .RAK خاصیت، روال یا تابع مورد نظر را بنویسید.

خواص: مقادیری قابل خواندن و تغییر می باشند

ExePath Read Only	مسیر فایل اجرایی نرم افزار
ID Read Only	شناسه ی اجرایی نرم افزار
LanguageFile(index) Read Only	ثابت های متنی به کار رفته در زبان جاری برنامه
RobotFileName Read Only	مسیر و نام فایل باز شده
ScriptRunning	در صورتی که مقدار این خاصیت را false نمایید اجرای برنامه متوقف می شود
StatusText	متن نمایش داده شده در نوار وضعیت
TemporaryPath Read Only	مسیر فایل های موقت نرم افزار
Visible	قابل رویت بودن پنجره ی برنامه (true/false)

روال ها: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند

Delay(milliseconds)	اجرای برنامه را به مدت زمان داده شده متوقف می سازد
ExitProgram(mode)	نرم افزار RAK بسته و یا مخفی می شود (معادل منوی خروج)

انواع mode های خروج عبارتند از:

emNormal	= 0	خروج و پرسش در مورد ذخیره سازی
emSaveAndExit	= 1	ذخیره سازی و خروج
emExitWithoutSaving	= 2	خروج بدون ذخیره سازی
emHideProgram	= 3	مخفی کردن پنجره ی برنامه

ProcessMessages	پیام های ارسال شده توسط ویندوز به برنامه را پردازش می نماید

یکی از صفحات تحلیل را نمایش می دهد ShowTab(id)

id صفحات به شرح زیر می باشد:

صفحه ی مقادیر مفصل ها tiJointsValues = 0

صفحه ی چهارچوب ها tiFrames = 1

صفحه ی سینماتیک tiKinematics = 2

صفحه ی مدل سه بعدی ti3DModel = 3

صفحه ی برنامه tiActiveScript = 4

صفحه ی نمودار ها tiGraphs = 5

نرم افزار RAK را به مدت زمان داده شده متوقف می کند Sleep(milliseconds)

اجرای برنامه را متوقف می کند StopRunningScript

توابع: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند و نتیجه را بر می گردانند

عدد داده شده در واحد اعداد نرم افزار را ConvertFromProgramUnit(number, type)

با توجه به نوع عدد به عددی بر حسب واحد های SI تبدیل می کند

عدد داده شده در واحد های SI را با توجه ConvertToProgramUnit(number, type)

به نوع عدد به عددی در واحد اعداد نرم افزار تبدیل می کند

type مشخص کننده ی نوع عدد بوده و عبارت است از:

طول unLength = 0

زاویه unAngle = 1

سرعت خطی unLinearVelocity = 2

سرعت زاویه ای unAngularVelocity = 3

شتاب خطی unLinearAceleration = 4

شتاب زاویه ای unAngularAceleration = 5

پیغام message را در دیالوگی از نوع dialogtype با دکمه های buttons نمایش می دهد و دکمه ی انتخاب شده توسط کاربر را بر می گرداند. انواع دیالوگ ها عبارتند از: ShowMsgBox(message, dialogtype, buttons)

mtWarning	= 0	اخطار
mtError	= 1	خطا
mtInformation	= 2	اطلاعات
mtConfirmation	= 3	تایید
mtCustom	= 4	هیچ نوع خاصی نمی باشد

دکمه ها ترکیبی از موارد زیر می باشند که با عملگر جمع (+) با یک دیگر ترکیب می شوند.

mbYes	= 1	دکمه ی "بله"
mbNo	= 2	دکمه ی "خیر"
mbOK	= 4	دکمه ی "قبول"
mbCancel	= 8	دکمه ی "لغو"
mbAbort	= 16	دکمه ی "انصراف"
mbRetry	= 32	دکمه ی "تلاش مجدد"
mbIgnore	= 64	دکمه ی "چشم پوشی"
mbAll	= 128	دکمه ی "همه"
mbNoToAll	= 256	دکمه ی "خیر برای همه"
mbYesToAll	= 512	دکمه ی "بله برای همه"

مقادیر بازگشتی تابع با توجه به دکمه ی فشرده شده عبارتند از:

mrNone	= 0	بسته شدن پیغام با دکمه ی ضربدر بالای آن
mrOk	= 1	قبول

mrCancel	= 2	لغو
mrAbort	= 3	انصراف
mrRetry	= 4	تلاش مجدد
mrIgnore	= 5	چشم پوشی
mrYes	= 6	بله
mrNo	= 7	خیر
mrAll	= 8	همه
mrNoToAll	= 9	خیر برای همه
mrYesToAll	= 10	بله برای همه

TickCount زمان سپری شده از اجرای نرم افزار RAK بر حسب میلی ثانیه را بر می گرداند

۶-۵-۷ شیء RobotModel

این شیء حاوی خواص مربوط به مدل ربات می باشد که تمام آن ها غیر قابل تغییر (فقط خواندنی) می باشند و برای دست یابی به آن ها کافی است پس از تایپ عبارت .RobotModel خاصیت مورد نظر را بنویسید.

ArbitraryPointColor(index, colorelement) رنگ نقطه ی اختیاری مورد نظر

colorelement تعیین کننده المان مورد نظر رنگ بوده و عبارت است از:

ceValue	= 0	یک عدد چهار بایتی است که از چهار عدد یک بایتی زیر تشکیل شده است
ceRed	= 1	میزان قرمز (۰-۲۵۵)
ceGreen	= 2	میزان سبز (۰-۲۵۵)
ceBlue	= 3	میزان آبی (۰-۲۵۵)
ceAlpha	= 4	میزان کدر بودن (۰-۲۵۵)

تعداد نقاط اختیاری	ArbitraryPointCount
بردار جهت گیری نقطه ی اختیاری مورد نظر	ArbitraryPointDirection(index, vectorelement)

vectorelement تعیین کننده ی المان نقطه یا بردار مورد نظر می باشد:

اندازه ی بردار یا فاصله ی نقطه از مبدا مختصات	= 0	veSize
مولفه ی در راستای محور x	= 1	veX
مولفه ی در راستای محور y	= 2	veY
مولفه ی در راستای محور z	= 3	veZ
زاویه ی بردار یا بردار واصل مبدا به نقطه با محور x	= 4	veXAngle
زاویه ی بردار یا بردار واصل مبدا به نقطه با محور y	= 5	veYAngle
زاویه ی بردار یا بردار واصل مبدا به نقطه با محور z	= 6	veZAngle
مولفه ی x بردار یکه در جهت بردار یا جهت از مبدا به نقطه	= 7	veUnitX
مولفه ی y بردار یکه در جهت بردار یا جهت از مبدا به نقطه	= 8	veUnitY
مولفه ی z بردار یکه در جهت بردار یا جهت از مبدا به نقطه	= 9	veUnitZ

رابطی که نقطه ی اختیاری مورد نظر روی آن قرار دارد	ArbitraryPointLink(index)
نام نقطه ی اختیاری مورد نظر	ArbitraryPointName(index)
موقعیت نقطه ی اختیاری مورد نظر	ArbitraryPointPosition(index, vectorelement)
اندازه ی نقطه ی اختیاری مورد نظر	ArbitraryPointSize(index)
نمایش نقطه ی اختیاری مورد نظر در مدل سه بعدی	ArbitraryPointVisible(index)
مقدار پارامتر a مدل دناویت-هارتنبرگ	DHa(index)
مقدار پارامتر α مدل دناویت-هارتنبرگ	DHAlpha(index)
مقدار پارامتر d مدل دناویت-هارتنبرگ	DHd(index)

DHTheta(index)	مقدار پارامتر θ مدل دناویت-هارتنبرگ
JointColor(index, colorelement)	رنگ مفصل مورد نظر
JointCount	تعداد مفاصل
JointDirection(index, vectorelement)	بردار جهت مفصل مورد نظر
JointMaxAcceleration(index)	حداکثر شتاب مفصل مورد نظر
JointMinAcceleration(index)	حداقل شتاب مفصل مورد نظر
JointMaxValue(index)	حداکثر مقدار مفصل مورد نظر
JointMinValue(index)	حداقل مقدار مفصل مورد نظر
JointMaxVelocity(index)	حداکثر سرعت مفصل مورد نظر
JointMinVelocity(index)	حداقل سرعت مفصل مورد نظر
JointPosition(index, vectorelement)	موقعیت مفصل مورد نظر
JointSize(index)	اندازه ی مفصل مورد نظر
JointType(index)	نوع مفصل مورد نظر
	انواع مفصل عبارتند از:
jtRevolute = 0	پیچشی
jtPrismatic = 1	منشوری (کشویی)
LinkColor(index, colorelement)	رنگ رابط مورد نظر
LinkCount	تعداد رابط ها
LinkDirection(index, vectorelement)	بردار جهت رابط مورد نظر
LinkEndPosition(index, vectorelement)	موقعیت انتهای رابط مورد نظر
LinkLength(index)	طول رابط مورد نظر
LinkSize(index)	اندازه ی رابط مورد نظر

۶-۵-۸ شیء Robot

این شیء مربوط به تحلیل سینماتیکی ربات می باشد و کلیه ی خواص، روال ها و توابع آن برای کار با سینماتیک ربات هستند که برای دست یابی به آن ها کافی است پس از تایپ عبارت Robot. خاصیت، روال یا تابع مورد نظر را بنویسید.

خواص: مقادیری قابل خواندن و تغییر می باشند

بردار شتاب خطی ArbitraryPointAcceleration(index, vectorelement) Read Only
نقطه ی اختیاری مورد نظر

بردار ArbitraryPointAngularAcceleration(index, vectorelement) Read Only
شتاب زاویه ای نقطه ی اختیاری مورد نظر

بردار سرعت ArbitraryPointAngularVelocity(index, vectorelement) Read Only
زاویه ای نقطه ی اختیاری مورد نظر

تعداد نقاط اختیاری ArbitraryPointCount Read Only

بردار جهت گیری ArbitraryPointDirection(index, vectorelement) Read Only
نقطه ی اختیاری مورد نظر

موقعیت نقطه ی ArbitraryPointPosition(index, vectorelement) Read Only
اختیاری مورد نظر

سرعت خطی نقطه ی ArbitraryPointVelocity(index, vectorelement) Read Only
اختیاری مورد نظر

رابطی که نقطه ی AS بر روی آن قرار دارد ASPoinOnLink
نقطه ی AS قابل تغییر در طول برنامه نویسی بوده و از این لحاظ نقطه ای است که به کمک آن می توان پارامتر های سینماتیکی هر نقطه از ربات را در برنامه نویسی به دست آورد.

شتاب خطی نقطه ی AS ASPointAcceleration(vectorelement) Read Only

ASPointAngularAcceleration(vectorelement)Read Only شتاب زاویه ای نقطه ی AS

ASPointAngularVelocity(vectorelement) Read Only سرعت زاویه ای نقطه ی AS

ASPointDirection(vectorelement) Read Only بردار جهت گیری نقطه ی AS

ASPointPosition(vectorelement) Read Only موقعیت نقطه ی AS

ASPointVelocity(vectorelement) Read Only سرعت خطی نقطه ی AS

EndEffectorAngle Read Only زاویه ی مجری نهایی نسبت به حالت اولیه حول بردار جهت گیری آن

EndEffectorDirection(vectorelement) Read Only بردار جهت گیری مجری نهایی

FrameCount Read Only تعداد چهارچوب ها

FrameOrigin(index, vectorelement) Read Only موقعیت مبدا چهارچوب مورد نظر

FrameTranslationMatrix(fromindex, toindex, col, row) Read Only المان سطر row و ستون col ماتریس تبدیل بین چهارچوب toindex نسبت به چهارچوب fromindex

FrameVisible(index) Read Only وضعیت نمایش چهارچوب مورد نظر در مدل سه بعدی

FrameXAxis(index, vectorelement) Read Only بردار محور x چهارچوب مورد نظر

FrameYAxis(index, vectorelement) Read Only بردار محور y چهارچوب مورد نظر

FrameZAxis(index, vectorelement) Read Only بردار محور z چهارچوب مورد نظر

JointAcceleration(index) شتاب مفصل مورد نظر

JointCount Read Only تعداد مفاصل

JointDirection(index, vectorelement) Read Only بردار جهت مفصل مورد نظر

JointsValuesSet نام مجموعه ی مقادیر مفاصل جاری

JointsValuesSetCount Read Only تعداد مجموعه های مقادیر مفاصل

JointsValuesSetIndex اندیس مجموعه ی مقادیر مفاصل جاری

JointsValuesSetName(index)	نام مجموعه ی مقادیر مفاصل مورد نظر
JointValue(index)	مقدار مفصل مورد نظر
JointVelocity(index)	سرعت مفصل مورد نظر
LinkAngularAcceleration(index, vectorelement) Read Only	بردار شتاب زاویه ای رابط مورد نظر
LinkAngularVelocity(index, vectorelement) Read Only	بردار سرعت زاویه ای رابط مورد نظر
LinkCount Read Only	تعداد رابط ها
LinkEndAcceleration(index, vectorelement) Read Only	شتاب انتهای رابط مورد نظر
LinkEndPosition(index, vectorelement) Read Only	موقعیت انتهای رابط مورد نظر
LinkEndVelocity(index, vectorelement) Read Only	سرعت انتهای رابط مورد نظر
ModelingAsHomePosition	به کار گیری موقعیت مدل سازی به عنوان موقعیت خانه ی ربات در مجموعه ی مقادیر مفاصل جاری (true/false)
Time	زمان سپری شده از حالت اولیه ی ربات تا کنون برحسب ثانیه

روال ها: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند

ASPointSetDirection(x, y, z)	بردار جهت گیری نقطه ی AS را تغییر می دهد
ASPointSetPosition(x, y, z)	موقعیت نقطه ی AS را تغییر می دهد
CalculateKinematics	سینماتیک مستقیم ربات را محاسبه می کند
JointsValuesSetDelete(index)	مجموعه ی مقادیر مفاصل مورد نظر را حذف می نماید
JointsValuesSetInsert(name, index)	یک مجموعه ی مقادیر مفاصل جدید در موقعیت index با نام name ایجاد می کند
Move(seconds)	ربات را به مقدار زمان داده شده نسبت به زمان جاری حرکت می دهد

زمان جاری ربات را به عنوان صفر در نظر می گیرد	ResetTimeValues
کلیه ی اهداف سینماتیک وارون را از بین می برد	ResetIKValues
یک هدف برای سینماتیک وارون در محل index تعریف می کند	SetIKGoal(index, locationindex, locationtype, goaltype, vectorelement, goalvalue)

locationindex اندیس بخشی از ربات می باشد که هدف برای آن تعریف می شود مثلاً منظور از عدد ۱ می تواند مفصل، رابط و یا نقطه ی اختیاری شماره ی ۱ باشد

locationtype نوع آن بخش از ربات است که هدف برای آن تعریف می شود:

رابط	= 0	ilLink
مجری نهایی	= 1	ilEndEffector
نقطه ی اختیاری	= 2	ilArbitraryPoint
نقطه ی AS	= 3	ilActiveScriptPoint
زاویه مجری نهایی نسبت به حالت اولیه حول بردار جهتش	= 4	ilEndEffectorAngle

goaltype مشخص می کند که چه پارامتری از محل مورد نظر به عنوان هدف در نظر گرفته شود:

موقعیت	= 1	igPosition
بردار جهت	= 2	igDirection
بردار سرعت زاویه ای	= 3	igAngularVelocity
بردار شتاب زاویه ای	= 4	igAngularAceleration
بردار سرعت خطی	= 5	igLinearVelocity
بردار شتاب خطی	= 6	igLinearAceleration

vectorelement نیز مشخص کننده ی المانی از بردار است که هدف می باشد و goalvalue مقدار هدف می باشد

توابع: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند و نتیجه را بر می گردانند

سینماتیک وارون ربات را با توجه به اهداف تعیین شده محاسبه می نماید — InverseKinematics(differntialdelta, tolerance, maxiterations, ikgoalcount, limitjointsrange)

differntialdelta عددی کوچک است که برای محاسبه مشتق توابع از آن استفاده می شود

tolerance حداکثر اختلاف بین مقادیر جواب نهایی و جواب مرحله ی قبلی عملیات تکرار است

maxiterations حداکثر تعداد عملیات تکرار است

ikgoalcount تعداد اهداف می باشد

اگر limitjointsrange، true باشد جواب در محدوده ی مجاز تغییرات مفاصل محدود می شود

اگر مقدار بازگشتی تابع true باشد عملیات با موفقیت انجام شده ولی اگر false باشد در اجرای عملیات خطایی رخ داده و یا مقادیر مفاصل از محدوده ی مجاز خود تجاوز نموده اند.

یک مجموعه ی مقادیر مفاصل جدید با نام name ایجاد می کند و اندیس آن را بر می گرداند — JointsValuesSetAdd(name)

۹-۵-۶ شیء FileDialog

این شیء یک پنجره برای باز کردن و یا ذخیره ی فایل در اختیار کاربر قرار می دهد برای دست یابی به خواص، روال ها و توابع آن کافی است پس از تایپ عبارت .FileDialog خاصیت، روال یا تابع مورد نظر را بنویسید.

خواص: مقادیری قابل خواندن و تغییر می باشند

نام فایل انتخاب شده — FileName

لیست فیلتر فایل ها که به صورت زیر باید باشد: — Filter

ماسک n|عنوان فیلتر n|...|ماسک ۲| عنوان فیلتر ۲|ماسک ۱|عنوان فیلتر ۱

به عنوان مثال: Text Files|*.txt|Bitmap Files|*.bmp|All Files|*

FilterIndex	اندیس فیلتر انتخاب شده (اندیس اولین فیلتر ۰ است)
PicturePreview	در صورت true بودن یک کادر پیش نمایش تصاویر به دیالوگ اضافه می شود
SaveDialog	در صورت true بودن دیالوگ مربوط به ذخیره سازی و در صورت false بودن مربوط به گشودن فایل می باشد
Title	عنوان دیالوگ

روال ها: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند

SetAsAnimationSaveDialog	خواص دیالوگ برای ذخیره سازی انیمیشن تنظیم می کند
SetAsGraphSaveDialog	خواص دیالوگ برای ذخیره سازی نمودار تنظیم می کند
SetAsSnapShotSaveDialog	خواص دیالوگ برای ذخیره سازی تصویر تنظیم می کند

توابع: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند و نتیجه را بر می گردانند

Execute	دیالوگ را نمایش می دهد و در صورت انتخاب فایل مقدار true را بر می گرداند

۶-۵-۱۰ شیء Scene

این شیء خواص، روال ها و توابع کار با صفحه ی مدل سه بعدی را در بر دارد برای استفاده از این شیء کافی است پس از تایپ عبارت .Scene خاصیت، روال یا تابع مورد نظر را بنویسید.

خواص: مقادیری قابل خواندن و تغییر می باشند

ArbitraryPointColor(index, colorelement)	رنگ نقطه ی اختیاری مورد نظر
BackgroundColor(colorelement)	رنگ زمینه ی صحنه
CameraPosition(vectorelement) Read Only	موقعیت دوربین
CameraTarget(vectorelement) Read Only	موقعیت هدف دوربین
ConeSlices(index)	تعداد تقسیمات زاویه ای مخروط مورد نظر
CylinderBottomRadius(index)	شعاع پایین استوانه ی مورد نظر

CylinderSlices(index)	تعداد تقسیمات زاویه ای استوانه ی مورد نظر
CylinderTopRadius(index)	شعاع بالای استوانه ی مورد نظر
ExtrusionContourCount(index) Read Only	تعداد کانتور های جسم برجسته
ExtrusionContourSpline(index, contourindex)	انحنای کانتور مورد نظر جسم برجسته
ExtrusionEndPlanes(index)	نمایش صفحات انتهایی جسم برجسته ی مورد نظر
ExtrusionNodeCount(index, contourindex) Read Only	تعداد نقاط کانتور مورد نظر جسم برجسته ی مورد نظر
ExtrusionNodeY(index, contourindex, nodeindex)	Y نقطه ی مورد نظر از کانتور مورد نظر جسم برجسته ی مورد نظر
ExtrusionNodeZ(index, contourindex, nodeindex)	Z نقطه ی مورد نظر از کانتور مورد نظر جسم برجسته ی مورد نظر
ExtrusionSplineDivision(index)	تعداد تقسیمات انحنای جسم برجسته ی مورد نظر
FrameAlpha(index)	پارامتر Alpha از رنگ چهارچوب مورد نظر
JointColor(index, colorelement)	رنگ مفصل مورد نظر
LightColor(colorelement)	رنگ نور محیط
LinkColor(index, colorelement)	رنگ رابط مورد نظر
ObjectColor(index, colorelement)	رنگ شیء مورد نظر
ObjectCount Read Only	تعداد اشیای صحنه غیر از ربات، نقاط اختیاری و چهارچوب ها
ObjectDirection(index, vectorelement) Read Only	بردار جهت شیء مورد نظر
ObjectHasTexture(index)	نمایش تصویر شیء مورد نظر
ObjectName(index)	نام شیء مورد نظر
ObjectOnLink(index)	رابطی که شیء مورد نظر روی آن می باشد

ObjectPosition(index, vectorelement) Read Only — بردار موقعیت شیء مورد نظر

ObjectRollAngle(index) — زاویه ی دوران شیء مورد نظر حول بردار جهت آن

ObjectScale(index, vectorelement) Read Only — بردار مقیاس شیء مورد نظر

ObjectTextureMode(index) — حالت نمایش تصویر شیء مورد نظر

انواع حالت های نمایش تصویر عبارتند از:

tmDecal = 0	نقش بستن
tmModulate = 1	تعدیل نمودن
tmBlend = 2	ترکیب نمودن
tmReplace = 3	جایگزین کردن

ObjectTransparentTexture(index) — شفافیت زمینه ی تصویر شیء مورد نظر

ObjectType(index) Read Only — نوع شیء مورد نظر

انواع اشیا عبارتند از:

otPlane = 1	صفحه
otCube = 2	مکعب
otCylinder = 3	استوانه
otCone = 4	مخروط
otSphere = 5	کره
otRevolution = 6	جسم دوار
otExtrusion = 7	جسم برجسته
otPipe = 8	لوله
otCustom = 9	شیء وارد شده از یک فایل خارجی

PipeEndPlanes(index) — نمایش صفحات سر و ته لوله ی مورد نظر

PipeNodeCount(index) Read Only	تعداد نقاط لوله ی مورد نظر
PipeNodeR(index, nodeindex)	شعاع نقطه ی مورد نظر از لوله ی مورد نظر
PipeNodeY(index, nodeindex)	Y نقطه ی مورد نظر از لوله ی مورد نظر
PipeNodeZ(index, nodeindex)	Z نقطه ی مورد نظر از لوله ی مورد نظر
PipeSlices(index)	تعداد تقسیمات زاویه ای لوله ی مورد نظر
PipeSpline(index)	انحنای لوله ی مورد نظر
PipeSplineDivision(index)	تعداد تقسیمات انحنای لوله ی مورد نظر
PlaneXTiles(index)	تعداد تقسیمات افقی تصویر بر روی صفحه ی مورد نظر
PlaneYTiles(index)	تعداد تقسیمات عمودی تصویر بر روی صفحه ی مورد نظر
RevolutionEndPlanes(index)	نمایش صفحات آغاز و پایان جسم دوار مورد نظر
RevolutionFlatNormals(index)	استفاده از صفحات تخت برای جسم دوار مورد نظر
RevolutionNodeCount(index) Read Only	تعداد نقاط جسم دوار مورد نظر
RevolutionNodeY(index, nodeindex)	Y نقطه ی مورد نظر از جسم دوار مورد نظر
RevolutionNodeZ(index, nodeindex)	Z نقطه ی مورد نظر از جسم دوار مورد نظر
RevolutionSlices(index)	تعداد تقسیمات زاویه ای جسم دوار مورد نظر
RevolutionSpline(index)	انحنای جسم دوار مورد نظر
RevolutionSplineDivision(index)	تعداد تقسیمات انحنای جسم دوار مورد نظر
RevolutionStartAngle(index)	زاویه ی شروع جسم دوار مورد نظر
RevolutionStopAngle(index)	زاویه ی پایان جسم دوار مورد نظر
RevolutionZOffsetPerTurn(index)	مقدار تغییر Z نقاط جسم دوار مورد نظر در دور
Scale	میزان تغییر مقیاس صحنه توسط دوربین
SphereBottomAngle(index)	زاویه ی پایین کره ی مورد نظر

SphereFlatBottom(index)	استفاده از صفحه ی تخت برای پایین کره ی مورد نظر
SphereFlatTop(index)	استفاده از صفحه ی تخت برای بالای کره ی مورد نظر
SphereSlices(index)	تعداد تقسیمات زاویه ای کره ی مورد نظر
SphereStacks(index)	تعداد تقسیمات عمودی کره ی مورد نظر
SphereTopAngle(index)	زاویه ی بالای کره ی مورد نظر

روال ها: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند

AddFrameToAnimation	تصویر صحنه ی جاری را به عنوان یک فریم ثبت می کند
ClearObjects	کلیه ی اشیا صحنه را حذف می کند
DeleteObject(index)	شیء مورد نظر را حذف می کند
EndAnimation(filename, type)	انیمیشن را پایان می دهد و در یک فایل ذخیره می کند

انواع فایل های انیمیشن عبارتند از:

BOA	vfBOA = 0
AVI	vfAVI = 1
GIF	vfGIF = 2

ExtrusionClearContours(index)	کلیه ی کانتور های جسم برجسته را حذف می کند
ExtrusionClearNodes(index, contourindex, nodeindex)	کلیه ی نقاط کانتور مورد نظر از جسم برجسته ی مورد نظر را حذف می کند
ExtrusionDeleteContour(index, contourindex)	کانتور مورد نظر جسم برجسته ی مورد نظر را حذف می کند
ExtrusionDeleteNode(index, contourindex, nodeindex)	نقطه ی مورد نظر از کانتور مورد نظر جسم برجسته ی مورد نظر را حذف می کند
ExtrusionInsertContour(index, contourindex)	یک کانتور در محل مورد نظر به جسم برجسته ی مورد نظر اضافه می کند

یک نقطه در محل مورد نظر به کانتور مورد نظر جسم برجسته ی مورد نظر اضافه می کند	ExtrusionInsertNode(index, contourindex, nodeindex)
دوربین را به مقدار زوایای داده شده حول هدفش می چرخاند	MoveCameraAroundTarget(pitchdelta, turndelta)
هدف دوربین را به مقدار داده شده در صفحه ی مقابل دوربین جا به جا می کند	MoveTargetInEyeSpace(rightdistance, updistance)
یک انیمیشن با سرعت fps (فریم در ثانیه) ایجاد می کند	NewAnimation(fps)
کلیه ی نقاط لوله ی مورد نظر را حذف می کند	PipeClearNodes(index)
نقطه ی مورد نظر لوله ی مورد نظر را حذف می کند	PipeDeleteNode(index, nodeindex)
یک نقطه در محل مورد نظر به لوله ی مورد نظر اضافه می کند	PipeInsertNode(index, nodeindex)
رنگ زمینه ی صحنه را مطابق رنگ محیط نرم افزار قرار می دهد	ResetBackgroundColor
وضعیت دوربین و هدفش را به حالت اولیه بر می گرداند	ResetCamera
وضعیت دوربین و هدفش را به آرامی به حالت اولیه بر می گرداند	ResetCameraSlowly
رنگ کلیه ی بخش های ربات را به حالت اولیه بر می گرداند	ResetColors
کلیه ی نقاط جسم دوار مورد نظر را حذف می کند	RevolutionClearNodes(index)
نقطه ی مورد نظر جسم دوار مورد نظر را حذف می کند	RevolutionDeleteNode(index, nodeindex)
یک نقطه در محل مورد نظر به جسم دوار مورد نظر اضافه می کند	RevolutionInsertNode(index, nodeindex)
موقعیت دوربین را تغییر می دهد	SetCameraPosition(x, y, z)
موقعیت هدف دوربین را تغییر می دهد	SetCameraTarget(x, y, z)

SetObjectDirection(index, x, y, z)	بردار جهت شیء مورد نظر را تغییر می دهد
SetObjectPosition(index,x, y, z)	بردار موقعیت شیء مورد نظر را تغییر می دهد
SetObjectScale(index,x, y, z)	بردار مقیاس شیء مورد نظر را تغییر می دهد
Snapshot(filename, type)	تصویر صحنه ی جاری را در یک فایل ذخیره می کند

انواع فایل های تصویر عبارتند از:

Bitmap	ifBitmap = 0
PNG	ifPNG = 1
JPEG	ifJPEG = 2
GIF	ifGIF = 3
RPS	ifRPS = 4

SnapshotToClipboard	تصویر صحنه ی جاری را در کلیپ برد قرار می دهد
Update	تغییرات رنگ و وضعیت ربات را در صحنه اعمال می کند

توابع: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند و نتیجه را بر می گردانند

AddObject(type)	یک شیء از نوع مورد نظر به صحنه می افزاید و اندیس آن را بر می گرداند
AddObjectFromFile(filename)	یک شیء از یک فایل خارجی به صحنه می افزاید و اندیس آن را بر می گرداند
ExtrusionAddContour(index)	یک کانتور به جسم برجسته ی مورد نظر اضافه می کند و اندیس آن را بر می گرداند
ExtrusionAddNode(index, contourindex)	یک نقطه به کانتور مورد نظر از جسم برجسته ی مورد نظر اضافه می کند و اندیس آن را بر می گرداند
ObjectIndex(name, casesensitive)	اندیس شیء با نام مورد نظر را بر می گرداند
PipeAddNode(index)	یک نقطه به لوله اضافه می کند و اندیس آن را بر می گرداند
RevolutionAddNode(index)	یک نقطه به جسم دوار مورد نظر اضافه می کند و اندیس آن

را بر می گرداند

SetObjectTexture(index, filename) تصویر شیء مورد نظر را با توجه به فایل مورد نظر تغییر می دهد و در صورت موفقیت عملیات مقدار true را باز می گرداند

۶-۵-۱۱ شیء Graph

این شیء خواص، روال ها و توابع کار با صفحه ی نمودار ها را در بر دارد برای استفاده از این شیء کافی است پس از تایپ عبارت .Graph خاصیت، روال یا تابع مورد نظر را بنویسید.

خواص: مقادیری قابل خواندن و تغییر می باشند

BackgroundColor(colorelement) رنگ زمینه ی نمودار

SeriesCount Read Only تعداد سری های نمودار

SeriesVisible(index) وضعیت نمایش سری مورد نظر در نمودار

روال ها: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند

AddXY(seriesindex, x, y) یک نقطه به سری مورد نظر اضافه می کند

Clear کلیه ی سری های نمودار را پاک می کند

ClearSeriesData(index) نقاط سری مورد نظر را پاک می کند

CopyToClipboardBitmap نمودار را به عنوان Bitmap در کلیپ برد قرار می دهد

CopyToClipboardMetafile(enhanced) نمودار را به عنوان Metafile در کلیپ برد قرار می دهد در صورت true بودن enhanced، Metafile به نوع enhanced تبدیل می شود

DeleteSeries(index) سری مورد نظر را از نمودار حذف می کند

Pan(deltax, deltay) نمودار را با توجه به مقادیر داده شده جا به جا می کند

ResetBackgroundColor رنگ زمینه ی نمودار را مطابق رنگ محیط نرم افزار قرار می دهد

Save(filename, type, undozoom) سری های قابل دیدن نمودار را در یک فایل ذخیره

می کند و در صورت true بودن undozoom پیش از ذخیره سازی بزرگ نمایی نمودار ها را از بین می برد

انواع فایل های نمودار عبارتند از:

Bitmap	= 0	gfBitmap
Metafile	= 1	gfMetafile
Enhanced Metafile	= 2	gfEnhancedMetafile
PNG	= 3	gfPNG
TeeChart Binary	= 4	gfTeeChartBinary
TeeChart Text	= 5	gfTeeChartText
Excel	= 6	gfExcel
Text	= 7	gfText

همه ی سری های نمودار را ذخیره می کند SaveAll(filename, type, undozoom)

سری مورد نظر را ذخیره می کند SaveSeries(index, filename, type, undozoom)

بزرگ نمایی نمودار ها را از بین می برد UndoZoom

بزرگ نمایی نمودار ها را برابر با مقدار درصد داده شده قرار می دهد Zoom(persent)

بزرگ نمایی نمودار ها را با توجه به مستطیل داده شده تغییر می دهد ZoomRectangle(left, top, right, bottom)

توابع: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند و نتیجه را بر می گردانند

AddSeries(title, xlabel, ylabel, red, green, blue, penwidth, pointer, marksevery)

یک سری جدید با عنوان title، برچسب xlabel برای محور x و ylabel برای محور y، به رنگ با مولفه های red، green و blue، با خطی به ضخامت penwidth (بر حسب پیکسل)، با نشان pointer در هر نقطه و علامت گذاری نقاط با فاصله ی marksevery ایجاد می کند و اندیس آن را بر می گرداند

در صورتی که marksevery برابر ۰ باشد نقاط علامت گذاری نمی شوند

انواع نشان های نقاط عبارتند از:

gpNoPointer	= 0	بدون نشان گذاری
gpSquare	= 1	■
gpCircle	= 2	●
gpTriangle	= 3	▲
gpDownTriangle	= 4	▼
gpCross	= 5	+
gpDiagonalCross	= 6	×
gpStar	= 7	✳
gpDiamond	= 8	♦
gpSmallDot	= 9	.
gpNothing	= 10	
gpLeftTriangle	= 11	◀
gpRightTriangle	= 12	▶

۶-۵-۱۲ شیء Windows

این شیء مربوط به کار با محیط سیستم عامل ویندوز می باشد برای دست یابی به خواص، روال ها و توابع آن کافی است پس از تایپ عبارت .Windows خاصیت، روال یا تابع مورد نظر را بنویسید.

خواص: مقادیری قابل خواندن و تغییر می باشند

وجود علامت تیک در جعبه ی مورد نظر	CheckBoxChecked(id)
در صورت کلیک کردن بر روی کنترل مورد نظر این خاصیت true می شود که برای استفاده در دفعات بعدی باید مقدار آن را به false تغییر داد	ComponentClicked(id)
فعال بودن کنترل مورد نظر	ComponentEnabled(id)
دسته ی کنترل مورد نظر	ComponentHandle(id) Read Only

ComponentHeight(id)	ارتفاع کنترل مورد نظر
ComponentLeft(id)	فاصله ی کنار کنترل مورد نظر از سمت چپ صفحه
ComponentText(id)	متن کنترل مورد نظر
ComponentTop(id)	فاصله ی بالای کنترل مورد نظر از بالای صفحه
ComponentVisible(id)	وضعیت نمایش کنترل مورد نظر
ComponentWidth(id)	عرض کنترل مورد نظر
LabelAlignment(id)	موقعیت متن در برچسب مورد نظر

این خاصیت می تواند یکی از سه مورد زیر باشد:

laLeftJustify = 0	تراز از سمت چپ برچسب
laRightJustify = 1	تراز از سمت راست برچسب
laCenter = 2	وسط برچسب
ListItemCount(id) Read Only	تعداد سطر های لیست مورد نظر
ListItemIndex(id)	سطر انتخاب شده ی لیست مورد نظر (اندیس اولین سطر ۰ است)
ListItemText(id, index)	متن سطر index از لیست مورد نظر
TextBoxReadOnly(id)	غیر قابل ویرایش بودن جعبه ی متن مورد نظر

روال ها: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند

ListClearItems(id)	سطر های لیست مورد نظر را پاک می کند
ListDeleteItem(id, index)	سطر index از لیست مورد نظر را حذف می کند
ListInsertItem(id, item, index)	یک سطر با متن item در موقعیت index در لیست مورد نظر اضافه می کند
RunApplication(commandline)	دستور commandline را اجرا می کند
RunFile(filename)	فایل مورد نظر را اجرا می کند

SetImageFile(id, imagefile)	تصویر کنترل نمایش عکس مورد نظر را تغییر می دهد

توابع: به کمک پارامتر های دریافتی عملی را انجام می دهند و نتیجه را بر می گردانند

CreateButton(window, text, left, top, width, height)	یک دکمه بر روی پنجره ی window با متن text در موقعیت left, top به اندازه ی width, height ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشد اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود
CreateCheckBox(window, text, left, top, width, height, checked)	یک جعبه ی تیک بر روی پنجره ی window با متن text در موقعیت left, top به اندازه ی width, height و با وضعیت تیک checked ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود
CreateComboBox(window, left, top, width, height)	یک لیست کشویی بر روی پنجره ی window در موقعیت left, top به اندازه ی width, height ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود
CreateImage(window, imagefile, left, top, width, height)	یک کنترل نمایش عکس بر روی پنجره ی window با تصویر imagefile در موقعیت left, top به اندازه ی width, height ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی آن ها برابر با اندازه ی تصویر می شود
CreateLabel(window, text, left, top, width, height, alignment)	یک برچسب بر روی پنجره ی window با متن text در موقعیت left, top به اندازه ی width, height با تراز متن alignment ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی آن ها برابر با اندازه ی متن می شود

CreateListBox(window, left, top, width, height)

یک لیست بر روی پنجره ی window در موقعیت left, top به اندازه ی width, height ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود

CreateRadioGroup(window, text, left, top, width, height)

یک لیست دکمه های رادیویی بر روی پنجره ی window با عنوان text در موقعیت left, top به اندازه ی width, height ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود

CreateTextBox(window, text, left, top, width, height, readonly)

یک جعبه ی متن بر روی پنجره ی window با متن text در موقعیت left, top به اندازه ی width, height با وضعیت غیر قابل ویرایش readonly ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود

CreateWindow(title, left, top, width, height, resizable, righttoleft)

یک پنجره با عنوان title در موقعیت left, top به اندازه ی width, height با وضعیت قابل تغییر اندازه ی resizable ایجاد می کند و id آن را بر می گرداند در صورتی که righttoleft برابر true باشد پنجره به صورت راست به چپ در می آید در صورتی که left و یا top برابر psCenter = – 1 باشند پنجره در وسط صفحه قرار می گیرد در صورتی که width و یا height برابر psAutoSize = 0 باشند اندازه ی پیش فرض برای آن انتخاب می شود

FindChildWindow(parenthandle, childhandle, classname, title)

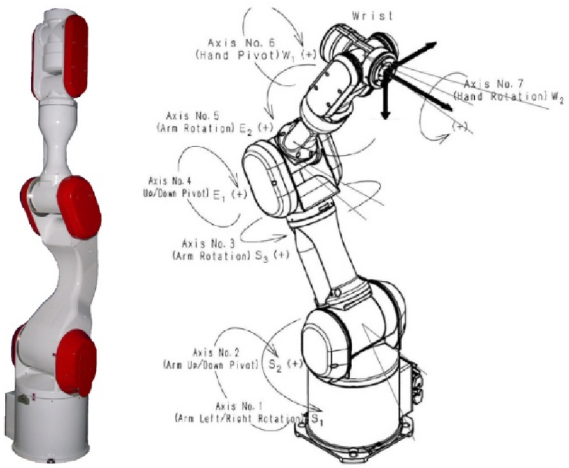
کنترل زیر مجموعه ی کنترل با دسته ی parenthandle پس از childhandle با نام کلاس classname و متن title را در صورت وجود پیدا کرده و دسته ی آن را بر می گرداند

FindWindow(classname, title)	کنترل با نام کلاس classname و متن title را در صورت وجود پیدا کرده و دسته ی آن را بر می گرداند
ListAddItem(id, item)	یک سطر با متن item به انتهای لیست مورد نظر اضافه می کند
PostMessage(windowhandle, message, wparam, lparam)	پیام message با پارامتر های wparam و lparam را به کنترل با دسته ی windowhandle ارسال می کند و در صورت موفقیت مقدار true را باز می گرداند
SendMessage(windowhandle, message, wparam, lparam)	پیام message با پارامتر های wparam و lparam را به کنترل با دسته ی windowhandle ارسال می کند و منتظر پاسخ کنترل می ماند و آن را بر می گرداند
TickCount	زمان سپری شده از شروع به کار ویندوز بر حسب میلی ثانیه را بر می گرداند

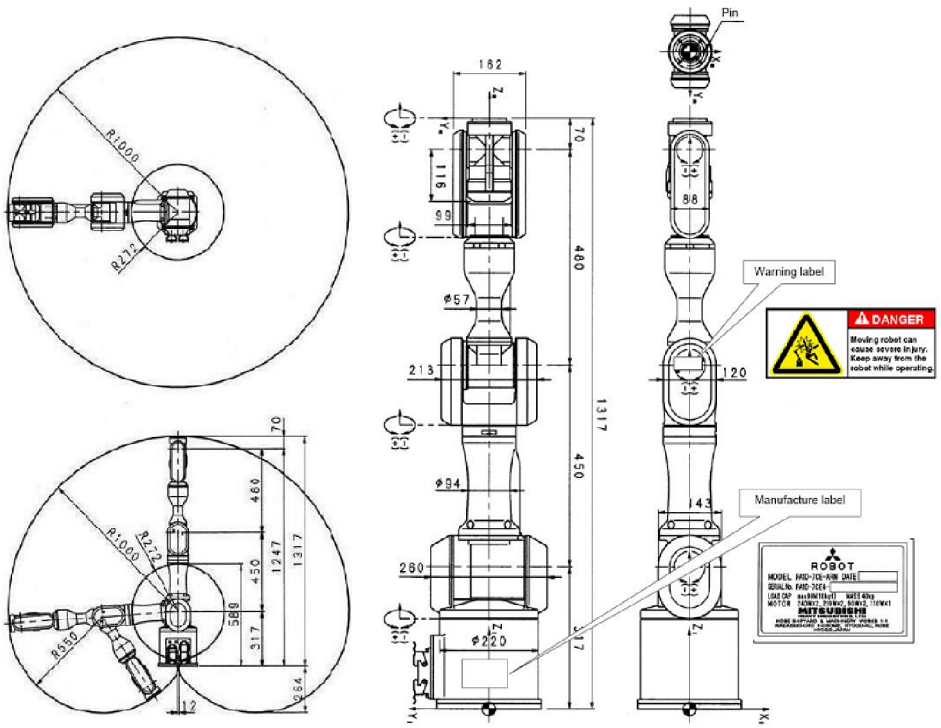
۶-۶ ربات PA10-7C میتسوبیشی در RAK

در این بخش به مدل سازی ربات PA10-7C میتسوبیشی در نرم افزار RAK و نشان دادن شیوه ی مدل سازی و تحلیل یک ربات در این نرم افزار پرداخته می شود.

این ربات دارای هفت مفصل پیچشی می باشد که مشخصات آن را در تصاویر زیر می بینید:



شکل ۶-۳۲: ربات PA10-7C میتسوبیشی



شکل ۶-۳۳: مشخصات ربات PA10-7C میتسوبیشی[۱]

جدول ۶-۳: برخی مشخصات ربات PA10-7C میتسوبیشی

Model	7 Degree of Freedom	
Mass	40 Kg	
Joint Operating Range	S1 (rotation)	± 177 deg
	S2 (swing)	–64 to +124 deg
	S3 (rotation)	–107 to +158 deg
	E1 (swing)	± 174 deg
	E2 (rotation)	± 255 deg
	W1 (swing)	± 165 deg
	W2 (rotation)	± 255 deg
Max. Operating Speed	S1, S2 axis	57 deg/s
	S3, E1 axis	114 deg/s
	E2, W1, W2	360 deg/s

[۱] کلیه ی ابعاد بر حسب میلی متر می باشند

برای مدل سازی این ربات ابتدا نرم افزار RAK را اجرا نمایید نرم افزار یک ربات خالی در اختیار شما قرار می دهد سپس منوی اصلی را باز کرده بر روی گزینه ی تنظیمات جداول رفته با کلیک بر روی دکمه ی مختصات حرکت بین سلول های جدول با زدن کلید Enter را تغییر دهید (این کار به ورود سریع تر اطلاعات ربات کمک می کند) واحد طول را به میلی متر، واحد زاویه را به درجه، واحد سرعت خطی را به میلی متر بر ثانیه، واحد سرعت زاویه ای را به درجه بر ثانیه، واحد شتاب خطی را به میلی متر بر مجذور ثانیه و واحد شتاب زاویه ای را به درجه بر مجذور ثانیه تغییر دهید. با کلیک بر روی دکمه ی ذخیره در نوار ابزار اصلی ربات را با نام PA10-7C در محل مورد نظر ذخیره نمایید.

به دلیل آن که در نقشه ها موقعیت مفاصل فرد مشخص نشده آن ها را در محل مفاصل زوج در نظر می گیریم بنابراین مفصل اول را در محل مفصل دوم در موقعیت (0, 0, 317) و در جـهت (0, 0, 1) از نوع پیچشی قرار می دهیم و مفصل دوم را نیز در همین موقعیت و در جهت (0, 1, 0) از نوع پیچشی در نظر می گیریم برای این کار در خانه ی سمت چپ سطر اول جدول مفاصل کلیک کرده و اعداد را را وارد می کنیم:

↵ ↵ ↵0 ↵1 ↵0 ↵317 ↵0 ↵0 ↵1 ↵ ↵ ↵0 ↵0 ↵317 ↵0 ↵0

جهت مفاصل با توجه به جهت های دوران مثبت و منفی مشخص شده بر روی نقشه طبق قانون دست راست تعیین شده است.

با تحلیلی مشابه اطلاعات سایر مفاصل را نیز وارد می نماییم:

↵ ↵ ↵0 ↵1 ↵0 ↵767 ↵0 ↵0 ↵1 ↵ ↵ ↵0 ↵0 ↵767 ↵0 ↵0

↵ ↵ ↵0 ↵1 ↵0 ↵1274 ↵0 ↵0 ↵1 ↵ ↵ ↵0 ↵0 ↵1274 ↵0 ↵0

↵1 ↵0 ↵0 ↵1317 ↵0 ↵0

اندازه ی مفاصل را نیز مطابق شکل زیر وارد نمایید:

	Position X	Position Y	Position Z	Direction X	Direction Y	Direction Z	Joint Type	X Angle	Y Angle	Z Angle	Size	Color
1	0.000000	0.000000	317.000000	0.000000	0.000000	1.000000	Revolute	90.000000	90.000000	0.000000	220.000000	
2	0.000000	0.000000	317.000000	0.000000	1.000000	0.000000	Revolute	90.000000	0.000000	90.000000	143.000000	
3	0.000000	0.000000	767.000000	0.000000	0.000000	1.000000	Revolute	90.000000	90.000000	0.000000	120.000000	
4	0.000000	0.000000	767.000000	0.000000	1.000000	0.000000	Revolute	90.000000	0.000000	90.000000	120.000000	
5	0.000000	0.000000	1274.000000	0.000000	0.000000	1.000000	Revolute	90.000000	90.000000	0.000000	99.000000	
6	0.000000	0.000000	1274.000000	0.000000	1.000000	0.000000	Revolute	90.000000	0.000000	90.000000	88.000000	
7	0.000000	0.000000	1317.000000	0.000000	0.000000	1.000000	Revolute	90.000000	90.000000	0.000000	99.000000	

شکل ۶-۳۴: جدول مفاصل ربات PA10-7C

با کلیک بر روی دکمه ی رابط ها و ورود به به صفحه ی رابط ها، موقعیت مجری نهایی را به (0, 0, 1317) و جهت آن را به (0, 0, 1) تغییر دهید و اندازه ی رابط ها را مطابق شکل وارد نمایید:

	End X	End Y	End Z	Length	Direction X	Direction Y	Direction Z	X Angle	Z Angle	Z Angle	Size	Color
Base	0.000000	0.000000	317.000000	317.000000	0.000000	0.000000	0.317000	90.000000	90.000000	0.000000	220.000000	
1	0.000000	0.000000	317.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	90.000000	90.000000	0.000000	260.000000	
2	0.000000	0.000000	767.000000	450.000000	0.000000	0.000000	0.450000	90.000000	90.000000	0.000000	94.000000	
3	0.000000	0.000000	767.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	90.000000	90.000000	0.000000	213.000000	
4	0.000000	0.000000	1274.000000	507.000000	0.000000	0.000000	0.507000	90.000000	90.000000	0.000000	57.000000	
5	0.000000	0.000000	1274.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	90.000000	90.000000	0.000000	162.000000	
6	0.000000	0.000000	1317.000000	43.000000	0.000000	0.000000	0.043000	90.000000	90.000000	0.000001	99.000000	
End Effector	0.000000	0.000000	1317.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	90.000000	90.000000	0.000000	99.000000	

شکل ۶-۳۵: جدول رابط های ربات PA10-7C

در صفحه ی دناویت-هارتنبرگ می توانید مقادیر پارامتر های دناویت-هارتنبرگ این ربات را ببینید:

	Link Offset (d)	Link Length (a)	Link Angle (Alpha)	Link Twist (Theta)	Joint Type
1	0.000000	0.000000	-90.000000	0.000000	Revolute
2	0.000000	0.000000	90.000000	0.000000	Revolute
3	450.000000	0.000000	-90.000000	0.000000	Revolute
4	0.000000	0.000000	90.000000	0.000000	Revolute
5	507.000000	0.000000	-90.000000	0.000000	Revolute
6	0.000000	0.000000	90.000000	0.000000	Revolute
7	43.000000	0.000000	0.000000	0.000000	Revolute

شکل ۶-۳۶: جدول پارامتر های دناویت-هارتنبرگ ربات PA10-7C

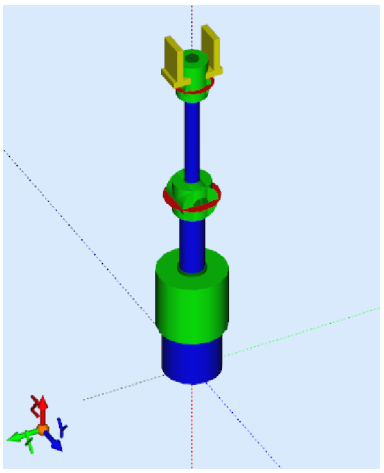
همان طور که می بینید مقادیر α برای برخی رابط ها منفی شده است که خلاف قرارداد های قبلی می باشد همان طور که پیش تر نیز گفته شده بود این امر مشکلی به وجود نمی آورد و علت آن، این است که نرم افزار جهت محور های z_i را در جهتی که کاربر برای مفاصل تعریف نموده است در نظر می گیرد تا جهت چرخش مفاصل از نظر کاربر و نرم افزار یکسان باشد.

محدوده ی مجاز تغییرات مفاصل را با توجه به اطلاعات جدول ۶-۳ در جدول حد مفاصل وارد می نماییم.

	Minimum Value	Maximum Value	Minimum Velocity	Maximum Velocity	Minimum Acceleration	Maximum Acceleration
1	-177.000000	177.000000	-57.000000	57.000000	0.000000	0.000000
2	-64.000000	124.000000	-57.000000	57.000000	0.000000	0.000000
3	-107.000000	158.000000	-114.000000	114.000000	0.000000	0.000000
4	-174.000000	174.000000	-114.000000	114.000000	0.000000	0.000000
5	-255.000000	255.000000	-360.000000	360.000000	0.000000	0.000000
6	-165.000000	165.000000	-360.000000	360.000000	0.000000	0.000000
7	-255.000000	255.000000	-360.000000	360.000000	0.000000	0.000000

شکل ۶-۳۷: جدول حد مفاصل ربات PA10-7C

در این مثال نقطه ی اختیاری خاصی نیاز نداریم بنابراین به بررسی صفحه ی نقاط اختیاری نمی پردازیم. در صفحه ی مدل سه بعدی می توانید ربات را در فضای سه بعدی ببینید و با حرکت ماوس بر روی صحنه در حالی که یکی از کلید های سه گانه ی آن را نگاه داشته اید به پیمایش آن بپردازید.



شکل ۶-۳۸: مدل سه بعدی ربات PA10-7C

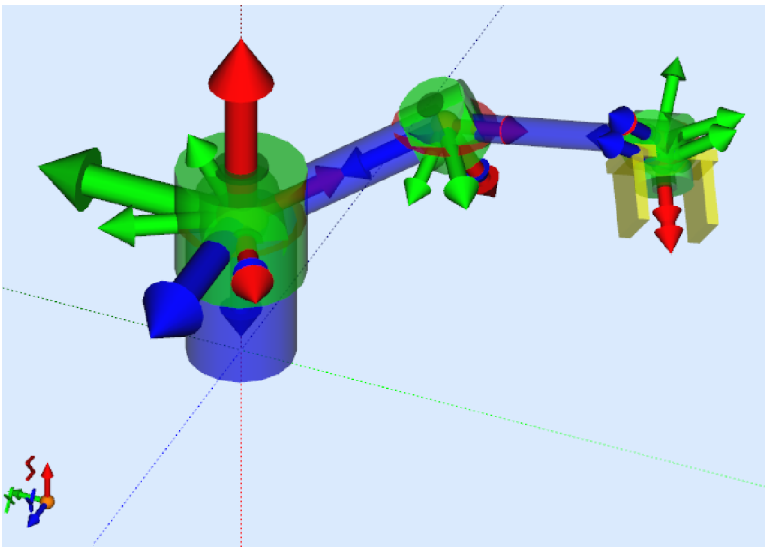
پیش از ورود به بخش تحلیل بهتر اســت ربات را ذخیره نـمایید سپس با کلیک بر روی دکمه ی تحلیل وارد بخش تحلیل سینماتیکی ربات شوید.

در صفحه ی مقادیر مفاصل، مقدار مفصل ها را به ترتیب بر روی ۳۰، ۶۴-، ۱۰۰، ۳۵، ۲۰۰، ۷۰- و ۱۰ درجه تنظیم نمایید سرعت مفصل اول را ۳۰ و سرعت مفصل سوم را ۲۰- درجه بر ثانیه قرار دهید و شتاب مفصل دوم را ۰/۵ درجه بر مجذور ثانیه قرار دهید.

	Value	Velocity	Acceleration	Joint Type	Value Range	Velocity Range	Acceleration Range
1	30.000000	30.000000	0.000000	Revolute	-177.000000 | 177.0000	-57.000000 | 57.000000	0.000000 | 0.000000
2	-64.000000	0.000000	0.500000	Revolute	-64.000000 | 124.00000	-57.000000 | 57.000000	0.000000 | 0.000000
3	100.000000	-20.000000	0.000000	Revolute	-107.000000 | 158.0000	-114.000000 | 114.0000	0.000000 | 0.000000
4	35.000000	0.000000	0.000000	Revolute	-174.000000 | 174.0000	-114.000000 | 114.0000	0.000000 | 0.000000
5	200.000000	0.000000	0.000000	Revolute	-255.000000 | 255.0000	-360.000000 | 360.0000	0.000000 | 0.000000
6	-70.000000	0.000000	0.000000	Revolute	-165.000000 | 165.0000	-360.000000 | 360.0000	0.000000 | 0.000000
7	10.000000	0.000000	0.000000	Revolute	-255.000000 | 255.0000	-360.000000 | 360.0000	0.000000 | 0.000000

شکل ۶-۳۹: مقادیر مفاصل ربات PA10-7C

در صفحه ی چهارچوب ها موقعیت مبدا و بردار های یکه ی محور های چهارچوب ها را ملاحظه می نمایید همچنین می توانید ماتریس تبدیل بین چهارچوب های مختلف را ببینید. با کلیک بر روی عنوان ستون نمایش چهارچوب و انتخاب بله از منوی باز شده می توانید تمامی چهارچوب ها را در مدل سه بعدی ببینید و با انتخاب خیر چهارچوب ها مخفی می شوند.



شکل ۶-۴۰: چهارچوب های ربات PA10-7C در موقعیت مفاصل مجموعه ی جاری

در صفحه ی سینماتیک نیز کلیه ی پارامتر های سینماتیکی مفاصل و رابط های ربات را با توجه به مقادیر مفاصل مجموعه ی جاری می بینید.

به صفحه ی مقادیر مفاصل بازگردید و با کلیک بر روی دکمه ی رونوشت مجموعه یک مجموعه ی جدید با مقادیری برابر با مجموعه ی فعلی تهیه نمایید و نام آن را به Movement تغییر دهید بر روی دکمه ی حرکت ربات کلیک نمایید و در پنجره ی ظاهر شده عدد ۱۰ ثانیه برای مدت زمان و ۰/۱ ثانیه برای فاصله ی زمانی را وارد نمایید بر روی دکمه ی افزودن نمودار کلیک کنید نمودار اضافه شده را از لیست انتخاب نموده و با کلیک بر روی دکمه ی رنگ نمودار، رنگ آن را به قرمز تغییر دهید متغیر محور عمودی را اندازه ی سرعت خطی مجری نهایی و متغیر محور افقی را زمان قرار دهید با فرض این که آغاز این حرکت در ۵ ثانیه است عدد ۵ را به عنوان جا به جایی زمان وارد نمایید کادر نمایش حرکت را تیک بزنید و بر روی دکمه ی تایید کلیک کنید. با این کار نرم افزار مقادیر مفاصل ربات در ۱۰۰ مرحله و هر مرحله ۰/۱ ثانیه نهایتاً ۱۰ ثانیه تغییر می دهد و نمودار اندازه ی سرعت خطی مجری نهایی بر حسب زمان را ترسیم نموده و حرکت را به شما نشان می دهد. هر چه مقدار فاصله ی زمانی کوچک تر باشد مقادیر مفاصل و وضعیت ربات در پایان حرکت به واقعیت نزدیک تر می باشند.

شکل ۶-۴۱: نمودار سرعت مجری نهایی ربات PA10-7C بر حسب زمان

فرض کنید قرار است مجری نهایی در موقعیت (600, 200, 700) قرار گیرد و جهت آن در راستای بردار (1, 1, −1) باشد در حالی که با سرعت ۲۰ میلی متر بر ثانیه به سمت مثبت محور y در حرکت است و اندازه ی شتاب خطی آن ۱۵ میلی متر بر مجذور ثانیه می باشد هدف یافتن مقادیری از مفاصل است که این حرکت را ایجاد می نمایند. به صفحه ی مقادیر مفاصل باز گردید یک مجموعه ی جدید با نام Inverse Kinematics ایجاد نمایید به صفحه ی سینماتیک بروید و با کلیک کردن بر روی دکمه ی پاک کردن جدول، مقادیر جدول را پاک نمایید در خانه ی مربوط به موقعیت مجری نهایی مقدار 600,200,700 ، در خانه ی مربوط به جهت آن مقدار 1,1,−1 ، در خـانه ی مربوط به سرعت آن مقدار 0,20,0 و در خانه ی مربوط به شتاب خطی مجری نهایی عدد 15 را وارد نمایید و بر روی دکمه ی سینماتیک وارون کلیک نمایید پس از مدتی مقادیر مفاصل به وجود آورنده ی این وضعیت محاسبه می شوند و از صفحه ی مقادیر مفاصل قابل مشاهده می باشند.

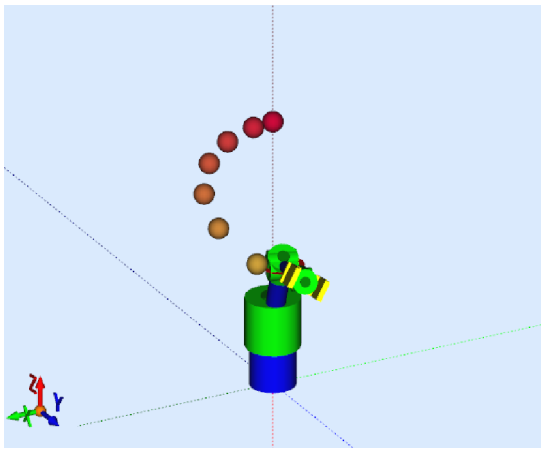
به صفحه ی مقادیر مفاصل باز گردید یک مجموعه ی جدید با نام Trajectory ایجاد نمایید می خواهیم حرکتی به مدت ۷ ثانیه را شبیه سازی نماییم که در آن مقدار شتاب مفصل اول ۳ درجه بر مجذور ثانیه، مقدار شتاب مفصل دوم در ۱ ثانیه ی اول ۵ درجه بر مجذور ثانیه، در ۱ ثانیه ی آخر ۵- درجه بر مجذور ثانیه و در بقیه ی حرکت صفر و مقدار سرعت مفصل چهارم ۶ درجه بر ثانیه باشد. می خـواهیم این حـرکت را در یک فایل انیمیشن ذخـیره نماییم، نـمودار مقدار سـرعت مجری نهایی بر حسب زمان را ببینیم و مسیر حرکت را در فضای سه بعدی نشان دهیم. انجام این کار به کمک پنجره ی حرکت ربات ممکن نیست بنابراین به سراغ صفحه ی برنامه نویسی می رویم و برنامه ای برای این کار به زبان جاوا می نویسیم:

```
1    //INCLUDE Constants
2    //INCLUDE Math
3
4    //Setting joints initial values
5    Robot.JointAcceleration(1) = 3 * PI / 180;
6    Robot.JointAcceleration(2) = 5 * PI / 180;
7    Robot.JointVelocity(4) = 6 * PI / 180;
```

```
8
9   var EEV;                                        //End effector velocity variable
10  Graph.Clear;                                    //Clearing chart
11  //Adding a new series to chart
12  var GraphSeriesIndex = Graph.AddSeries('End Effector Velocity / Time',
13                                         'Velocity (mm/s)', 'Time (s)', 255, 0, 0,
14                                         2, gpNoPointer, 0);
15
16  RAK.ShowTab(ti3DModel);                         //Making "3D Model" tab visible
17  Scene.NewAnimation(10);                         //Starting new 10 fps animation
18  var LastFrame = 0;                              //Last frame time variable
19  Scene.ClearObjects;                             //Clearing all objects of the scene
20  var LastObject = 0;                             //Last object time variable
21  var ObjIndex;                                   //Path objects index variable
22  var LastTick = RAK.TickCount;                   //Time variable
23  while (Robot.Time < 7)                          //Looping for 7 seconds
24  {
25          Robot.Move((RAK.TickCount - LastTick) / 1000);          //Moving robot
26          LastTick = RAK.TickCount;               //Updating time variable
27          Robot.CalculateKinematics;              //Calculating kinematics
28          Scene.Update;                           //Updating Robot 3D model
29          //Setting 2nd joint acceleration
30          if (Robot.Time > 6) Robot.JointAcceleration(2) = -5 * PI / 180;
31          else if (Robot.Time > 1) Robot.JointAcceleration(2) = 0;
32
33          //Adding end effector velocity to chart
34          EEV = RAK.ConvertToProgramUnit(Robot.LinkEndVelocity(7, veSize),
35                                         unLinearVelocity);
36          Graph.AddXY(GraphSeriesIndex, Robot.Time, EEV);
37
38          //Adding a frame to animation 100 milliseconds after last frame
39          if (LastTick - LastFrame >= 100)
40          {
41                  Scene.AddFrameToAnimation;
42                  LastFrame = LastTick;
43          }
44
45          //Adding a sphere to scene at end effector position a seconds after last
```

```
46              if (LastTick - LastObject >= 1000)
47              {
48                      ObjIndex = Scene.AddObject(otSphere);
49                      Scene.SetObjectScale(ObjIndex, 0.1, 0.1, 0.1);
50                      Scene.SetObjectPosition(ObjIndex, Robot.LinkEndPosition(7, veX),
51                                                      Robot.LinkEndPosition(7, veY),
52                                                      Robot.LinkEndPosition(7, veZ));
53                      Scene.ObjectColor(ObjIndex, ceRed) = 200;
54                      Scene.ObjectColor(ObjIndex, ceGreen) = 25 * Robot.Time;
55                      Scene.ObjectColor(ObjIndex, ceBlue) = 50;
56                      Scene.ObjectName(ObjIndex) = 'EE Path ' + ObjIndex;
57                      LastObject = LastTick;
58              }
59
60              RAK.ProcessMessages;            //Requesting all commands to be done
61              RAK.Delay(10);                  //Delaying for 10 milliseconds
62      }
63
64      //Asking for a file and saving animation to it
65      FileDialog.SetAsAnimationSaveDialog;
66      if (FileDialog.Execute)
67                      Scene.EndAnimation(FileDialog.FileName, FileDialog.FilterIndex);
68
```

پس از اجرای برنامه می توان فایل انیمیشن را ذخیره نمود و مسیر حرکت مجری نهایی و نمودار مقدار سرعت آن بر حسب زمان را مشاهده نمود.



شکل ۶-۴۲: مسیر حرکت مجری نهایی ربات PA10-7C

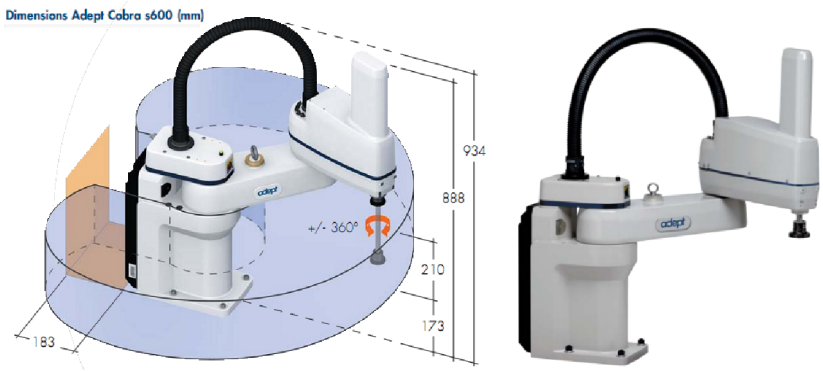
با اجرای دستور Scene.ClearObjects در ویرایش گر برنامه مسیر ترسیم شده را پاک نمایید. حال می خواهیم ابزاری را در پنجه ی ربات قرار دهیم و از آن بخواهیم که ابزار را بر روی سطح جسمی حرکت دهد. ابتدا به صفحه ی نقاط اختیاری در حالت طراحی رفته و نقطه ای در موقعیت (0, 0, 1750) بر روی مجری نهایی (رابط هفتم) تعریف نمایید سپس به صفحه ی مدل سه بعدی رفته و یک مخروط به عنوان ابزار در موقعیت (0, 0, 1600) و مقیاس (0.125, 0.125, 0.3) بر روی رابط هفتم ایجاد نمایید و یک مکعب به عنوان قطعه ی کار در موقعیت (600, 0, 500) با مقیاس (0.2, 1, 0.2) ایجاد نمایید. با کلیک بر روی دکمه ی تحلیل به حالت تحلیل رفته و یک مجموعه ی جدید برای مقادیر مفاصل ایجاد نمایید و با نوشتن و اجرای برنامه ی زیر این عملیات را انجام دهید:

```
1   //INCLUDE Constants
2   RAK.ShowTab(ti3DModel);                                    //Making "3D Model" tab visible
3   var LastTick = RAK.TickCount;                              //Time variable
4   Robot.ResetIKValues;                                  //Clearing inverse kinematics goals
5   Robot.SetIKGoal(0, 0, ilEndEffector, igDirection, veX, 1);     //Defining IK goal
6   Robot.SetIKGoal(1, 0, ilEndEffector, igDirection, veY, 0);     //Defining IK goal
7   Robot.SetIKGoal(2, 0, ilEndEffector, igDirection, veZ, -1);    //Defining IK goal
8   Robot.SetIKGoal(3, 1, ilArbitraryPoint, igPosition, veX, 0.5); //Defining IK goal
9   Robot.SetIKGoal(4, 1, ilArbitraryPoint, igPosition, veZ, 0.6); //Defining IK goal
10  var Iterations = 100;                                      //Maximum iterations variable
11  for (var t = 0; t < 20; t++)                  //Looping for 20 steps (10 seconds)
12  {
13          //Defining IK goal
14          Robot.SetIKGoal(5, 1, ilArbitraryPoint, igPosition, veY, 0.05 * t - 0.5);
15          Robot.InverseKinematics(0.01, 0.01, Iterations, 6, true);   //Solving IK
16          Scene.Update;                                      //Updating Robot 3D model
17          RAK.ProcessMessages;              //Requesting all commands to be done
18          //Ensuring not to move fast
19          if (RAK.TickCount - LastTick < 500)
20                  RAK.Delay(500 + LastTick - RAK.TickCount);
21          LastTick = RAK.TickCount;                          //Setting time variable
22          Iterations = 10;  //Next position is near current position, so we need less iterations
23  }
```

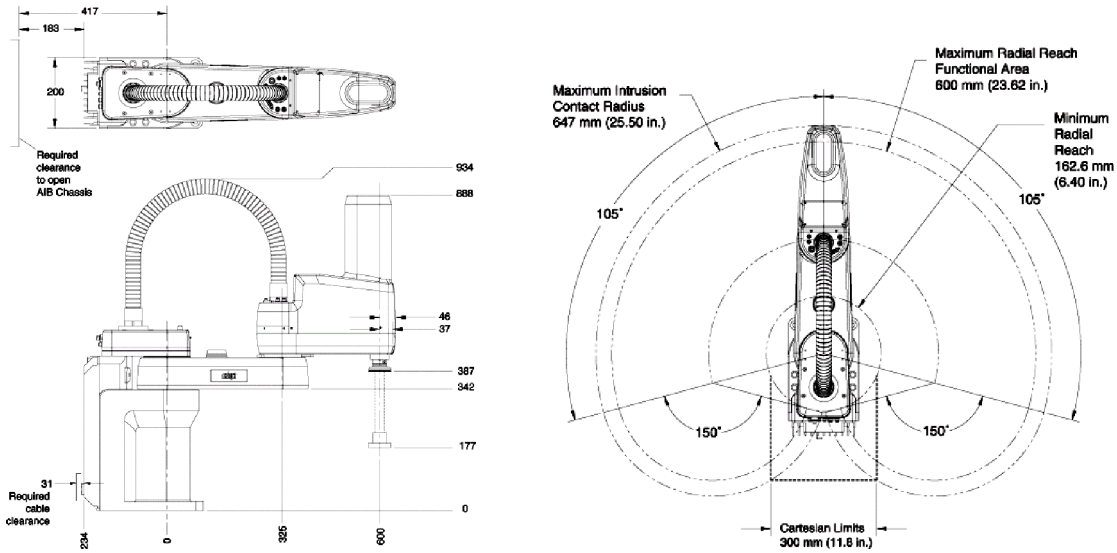
۶-۷ چند تمرین

در این بخش تعدادی بازوی رباتیک به همراه برخی از نقشه ها و مشخصات آن ها در اختیار شما قرار داده شده تا به مدل سازی آن ها در نرم افزار RAK و تحلیل سینماتیکی آن ها بپردازید شما می توانید به کمک این ربات ها مساله هایی را برای خود تعریف نموده و به حل آن ها به کمک این نرم افزار بپردازید. ضمناً سایت های اینترنتی معرفی شده در بخش ۱-۶ منابع بسیار مناسبی از انواع ربات های موجود در دنیا بوده که مشخصات آن ها به طور رایگان در اختیار کاربران قرار دارد و شما می توانید برای تمرین بیشتر از آن ها استفاده نمایید.

۱-۷-۶ ربات Adept Cobra™ s600



شکل ۶-۴۳: ربات Adept Cobra™ s600 و فضای کاری آن



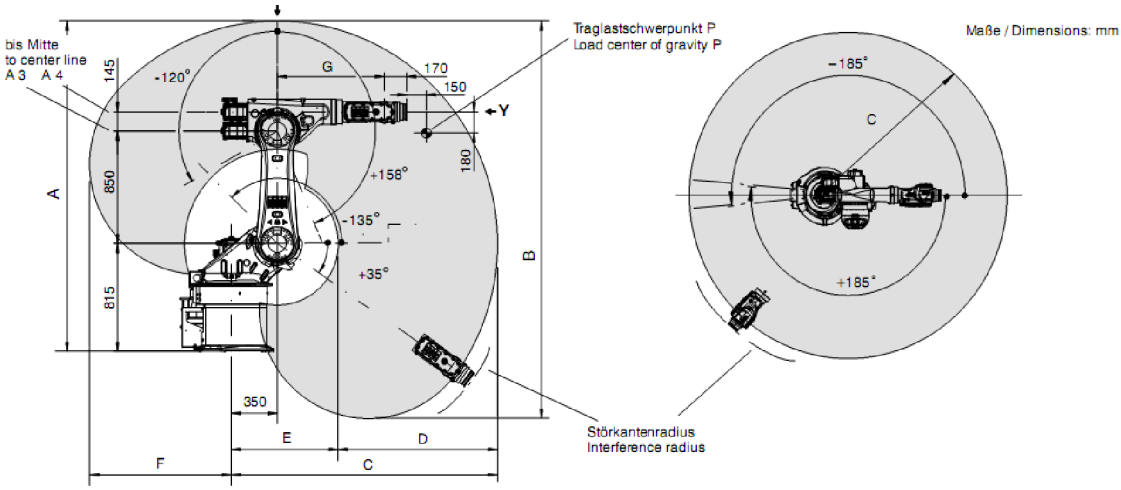
شکل ۶-۴۴: نقشه های ربات Adept Cobra™ s600

جدول ۶-۴: برخی مشخصات ربات Adept Cobra™ s600

Weight	41 kg	
Joints Range	Joint 1	± 105˚
	Joint 2	± 150˚
	Joint 3	210 mm
	Joint 4	± 360˚
Joint Speeds	Joint 1	386˚/sec
	Joint 2	720˚/sec
	Joint 3	1100 mm/sec
	Joint 4	1200˚/sec

۶-۷-۲ ربات KUKA KR 30 HA

شکل ۶-۴۵: ربات KUKA KR 30 HA



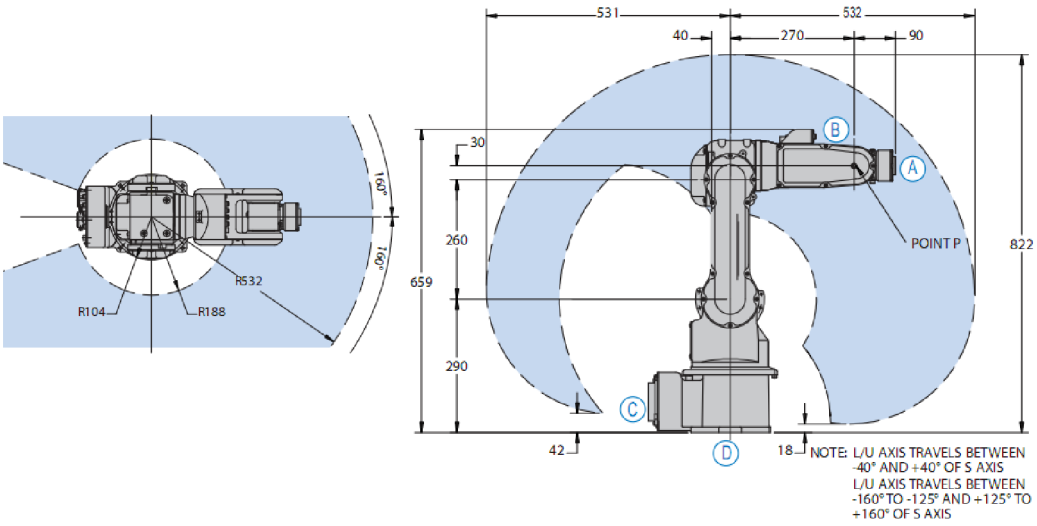
شکل ۶-۴۶: نقشه های ربات KUKA KR 30 HA

جدول ۶-۵: برخی مشخصات ربات KUKA KR 30 HA

Number of axes	6	
Weight	635 kg	
Axis Range	Axis 1 (A1)	±185°
	Axis 2 (A2)	+35°/–135°
	Axis 3 (A3)	+158°/–120°
	Axis 4 (A4)	±350°
	Axis 5 (A5)	±119°
	Axis 6 (A6)	±350°
Axis Speed	Axis 1 (A1)	140°/s
	Axis 2 (A2)	140°/s
	Axis 3 (A3)	140°/s
	Axis 4 (A4)	260°/s
	Axis 5 (A5)	245°/s
	Axis 6 (A6)	322°/s
Work envelope	A	2498
	B	3003
	C	2033
	D	1218
	E	815
	F	1084
	G	820
	Volume	27.2 m^3

۶-۷-۳ ربات MOTOMAN HP3JC

شکل ۶-۴۷: ربات MOTOMAN HP3JC



شکل ۶-۴۸: نقشه های ربات MOTOMAN HP3JC[1]

---

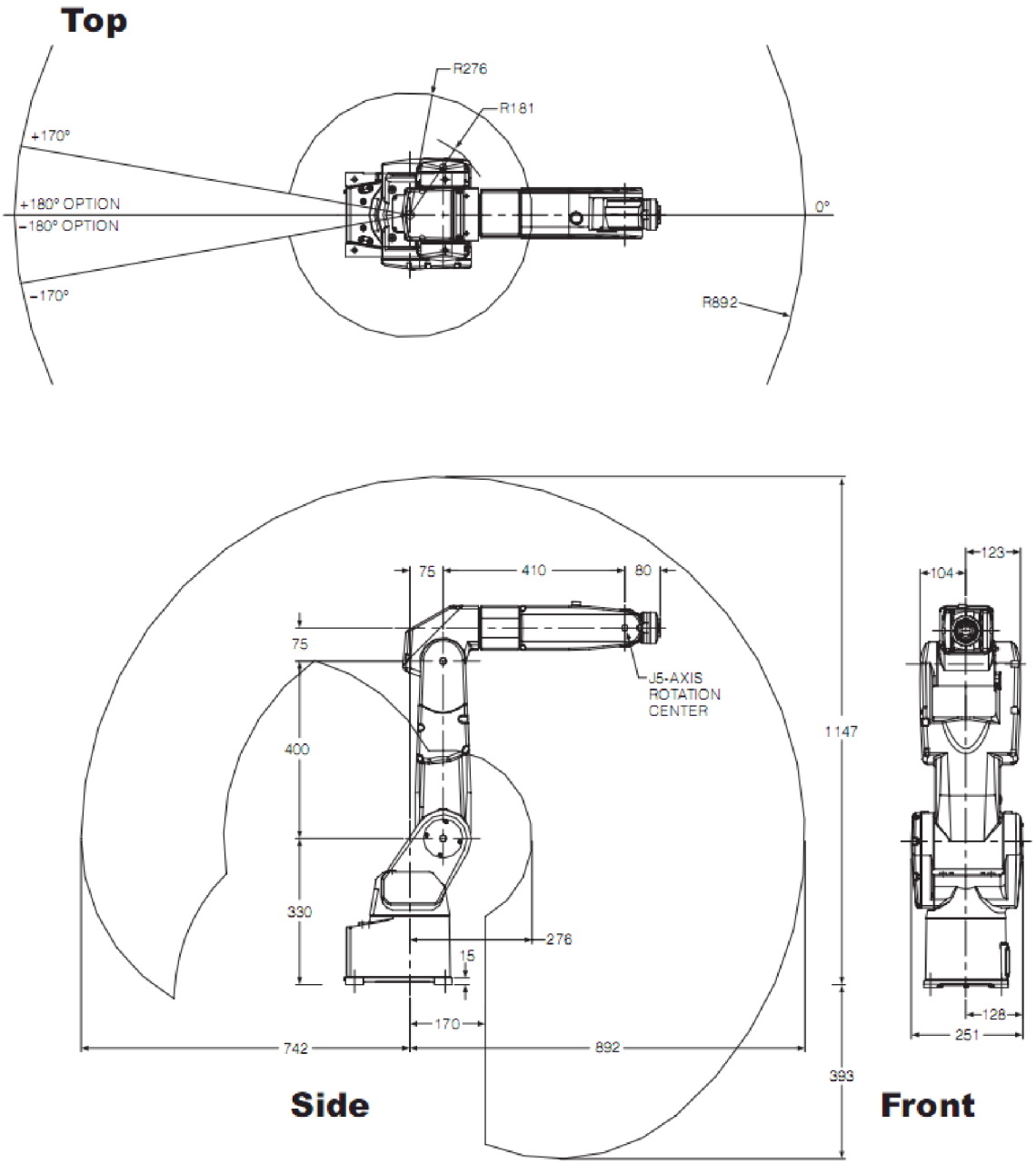
[1] کلیه ی ابعاد بر حسب میلی متر می باشند

جدول ۶-۶: برخی مشخصات ربات MOTOMAN HP3JC

Controlled Axes	6	
Approximate Mass	27 kg	
Maximum Motion Range	S-Axis (Turning/Sweep)	±160˚
	S-Axis (Wall Mount)	±25˚
	L-Axis (Lower Arm)	+90˚/–85˚
	U-Axis (Upper Arm)	+260˚/–105˚
	R-Axis (Wrist Roll)	± 170˚
	B-Axis (Bend/Pitch/Yaw)	± 120˚
	T-Axis (Wrist Twist)	± 360˚
Axis Speed	S-Axis	200˚/s
	L-Axis	150˚/s
	U-Axis	190˚/s
	R-Axis	300˚/s
	B-Axis	300˚/s
	T-Axis	420 ˚/s

۴-۷-۶ ربات FANUC ARC Mate® 50*i*C/5L

شکل ۶-۴۹: ربات FANUC ARC Mate® 50*i*C/5L



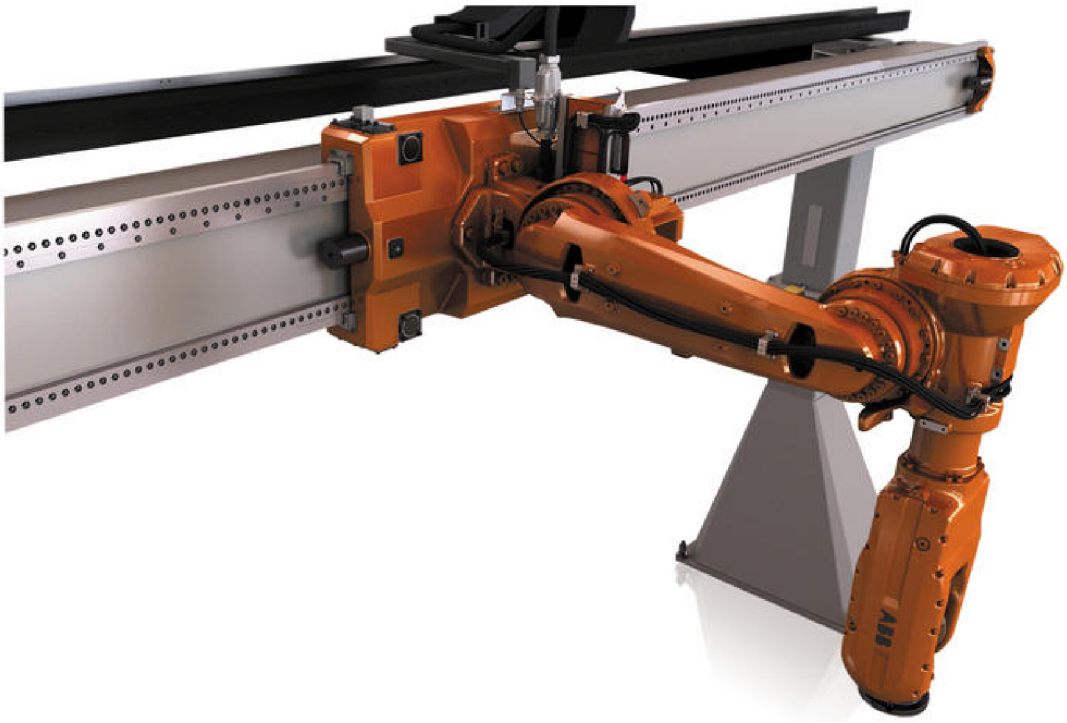
شکل ۶-۵۰: نقشه های ربات FANUC ARC Mate® 50*i*C/5L[1]

[1] کلیه ی ابعاد بر حسب میلی متر می باشند

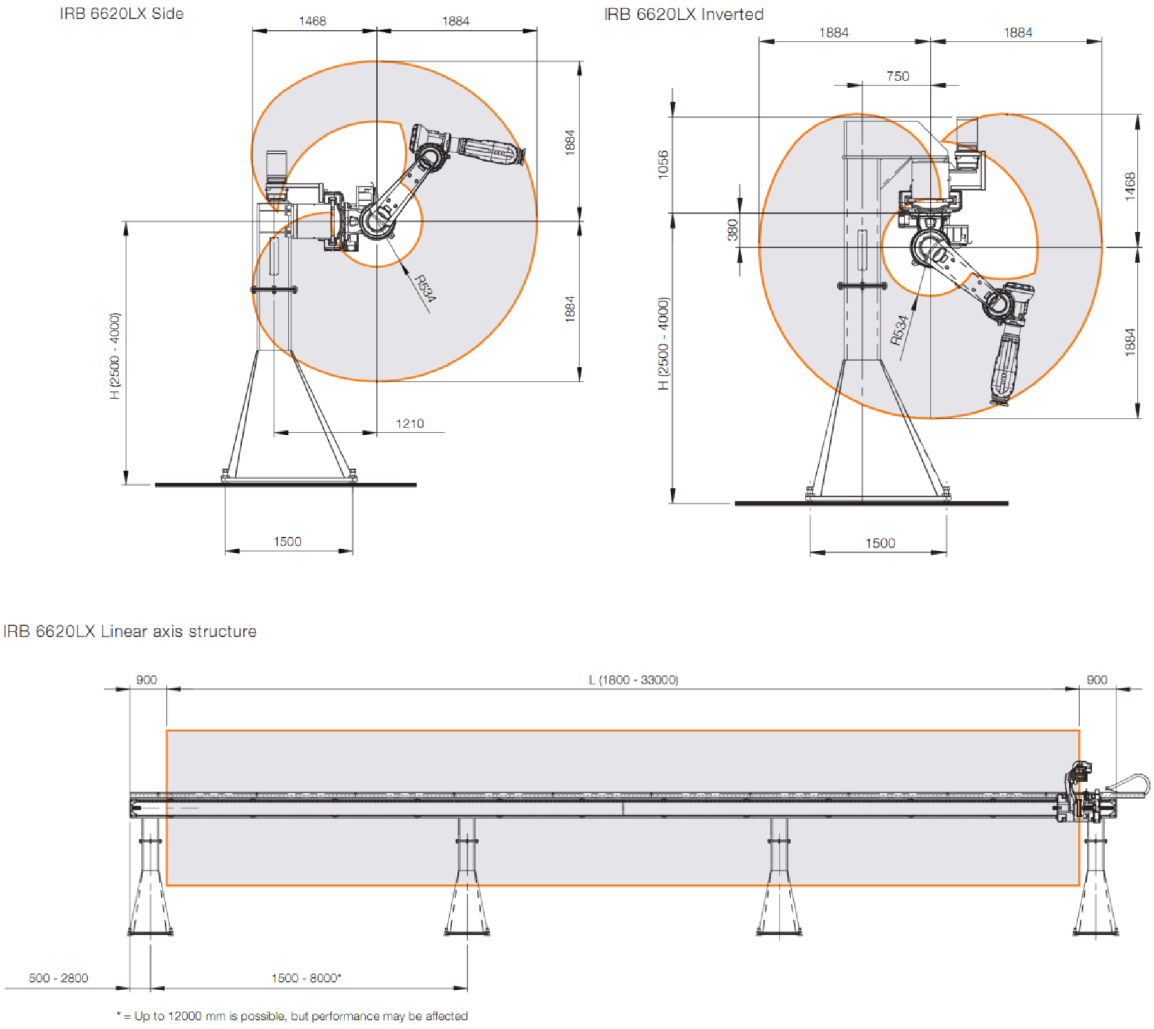
جدول ۶-۷: برخی مشخصات ربات FANUC ARC Mate® 50*i*C/5L

Axes	6	
Mechanical weight	29 kg	
Motion range (degrees)	J1	340 (360 option)
	J2	230
	J3	373
	J4	380
	J5	240
	J6	720
Motion speed (degrees/s)	J1	270
	J2	270
	J3	270
	J4	450
	J5	450
	J6	720

۶-۷-۵ ربات ABB IRB 6620LX



شکل ۶-۵۱: ربات ABB IRB 6620LX



شکل ۶-۵۲: نقشه های ربات ABB IRB 6620LX[1]

جدول ۶-۸: برخی مشخصات ربات ABB IRB 6620LX

Number of axes	6	
Manipulator weight	610 kg (5-axis manipluator only)	
Working range	Axis 1	1.8 to 33 m
	Axis 2 Arm	+125° to –125°
	Axis 3 Arm	+70° to –180°
	Axis 4 Wrist	+300° to –300°
	Axis 5 Bend	+130° to –130°
	Axis 6 Turn	+300° to –300°

[1] کلیه ی ابعاد بر حسب میلی متر می باشند

Axis max speed	Axis 1	3.3 m/s
	Axis 2 Arm	90˚/s
	Axis 3 Arm	90˚/s
	Axis 4 Wrist	150˚/s
	Axis 5 Bend	120˚/s
	Axis 6 Turn	190˚/s

۶-۸ نگاهی بر آن چه گفته شد

نرم افزار RAK، برنامه ای تحت ویندوز برای مدل سازی و تحلیل سینماتیکی بازو های رباتیک مدار باز تک زنجیره ای است و دارای دو بخش مدل سازی و تحلیل می باشد. مدل سازی به دو شیوه ی موقعیت مفاصل و پارامتر های دناویت-هارتنبرگ انجام می شود و نرم افزار قادر به تبدیل این دو مدل سازی به یکدیگر می باشد. همچنین نرم افزار تصویری نمادین از ربات را در فضای سه بعدی ارائه می دهد. در بخش تحلیل نرم افزار می توان پارامتر های سینماتیکی نقاط مختلف بازوی رباتیک را با توجه به مقادیر مفاصل به دست آورد.

این نرم افزار دارای یک محیط برنامه نویسی به دو زبان جاوا و ویژوال بیسیک برای کنترل بهتر حرکت ربات و ارتباط نرم افزار با سایر برنامه ها و یا سخت افزار های کامپیوتر و ... می باشد.

در این فصل پس از آشنایی با این نرم افزار به مدل سازی و تحلیل سینماتیکی ربات PA10-7C میتسوبیشی به عنوان مثال پرداخته شد و در پایان پنج ربـــات Adept Cobra™ s600، KUKA KR 30 HA، MOTOMAN HP3JC، FANUC ARC Mate® 50*i*C/5L و ABB IRB 6620LX به عنوان تمرین بیشتر برای کاربران این نرم افزار معرفی شدند.

فصل ششم: نرم افزار RAK ۱۴۳
۶-۱ آغاز به کار ۱۴۵
۶-۲ محیط نرم افزار ۱۴۶
۶-۲-۱ نوار عنوان ۱۴۶
۶-۲-۲ نوار ابزار اصلی ۱۴۶
۶-۲-۳ میز کار ۱۴۷
۶-۲-۴ نوار ابزار صفحه ی جاری ۱۴۷
۶-۲-۵ نوار وضعیت ۱۴۷
۶-۳ منوی اصلی برنامه ۱۴۸
۶-۳-۱ گزینه ی جدید ۱۴۸
۶-۳-۲ گزینه ی گشودن ۱۴۸
۶-۳-۳ گزینه ی ذخیره سازی ۱۴۹
۶-۳-۴ گزینه ی ورود/صدور ۱۴۹
۶-۳-۵ گزینه ی تنظیمات جداول ۱۵۱
۶-۳-۶ گزینه ی زبان ۱۵۲
۶-۳-۷ گزینه ی زمینه ۱۵۲
۶-۳-۸ گزینه ی راهنما ۱۵۳
۶-۳-۹ گزینه ی درباره ی ۱۵۴
۶-۳-۱۰ گزینه ی خروج ۱۵۴
۶-۴ میز کار ۱۵۵
۶-۴-۱ صفحه ی مفاصل ۱۵۵
۶-۴-۲ صفحه ی رابط ها ۱۵۶
۶-۴-۳ صفحه ی پارامترهای دناویت-هارتنبرگ ۱۵۷
۶-۴-۴ صفحه ی حد مفاصل ۱۵۸
۶-۴-۵ صفحه ی نقاط اختیاری ۱۵۸

۶-۴-۶ صفحه ی مدل سه بعدی ۱۵۹
۶-۴-۶-۱ پنجره ی اشیا صحنه ۱۶۰
۶-۴-۷ تغییر حالت برنامه (طراحی/تحلیل) ۱۶۲
۶-۴-۸ صفحه ی مقادیر مفاصل ۱۶۲
۶-۴-۸-۱ پنجره ی حرکت ربات ۱۶۳
۶-۴-۹ صفحه ی چهارچوب ها ۱۶۴
۶-۴-۱۰ صفحه ی سینماتیک ۱۶۵
۶-۴-۱۱ صفحه ی برنامه نویسی ۱۶۷
۶-۴-۱۲ صفحه ی نمودار ها ۱۷۰
۶-۵ برنامه نویسی در RAK ۱۷۱
۶-۵-۱ عملگر ها ۱۷۲
۶-۵-۲ دستور ها ۱۷۳
۶-۵-۳ لیست عبارات ۱۷۴
۶-۵-۴ فایل Constants ۱۷۴
۶-۵-۵ فایل Math ۱۷۵
۶-۵-۶ شیء RAK ۱۷۷
۶-۵-۷ شیء RobotModel ۱۸۰
۶-۵-۸ شیء Robot ۱۸۳
۶-۵-۹ شیء FileDialog ۱۸۷
۶-۵-۱۰ شیء Scene ۱۸۸
۶-۵-۱۱ شیء Graph ۱۹۵
۶-۵-۱۲ شیء Windows ۱۹۷
۶-۶ ربات PA10-7C میتسوبیشی در RAK ۲۰۱
۶-۷ چند تمرین ۲۱۲
۶-۷-۱ ربات Adept Cobra™ s600 ۲۱۲
۶-۷-۲ ربات KUKA KR 30 HA ۲۱۳
۶-۷-۳ ربات MOTOMAN HP3JC ۲۱۵

۶-۷-۴ ربات FANUC ARC Mate® 50*i*C/5L ۲۱۶
۶-۷-۵ ربات ABB IRB 6620LX ۲۱۸
۶-۸ نگاهی بر آن چه گفته شد ۲۲۲

۹-۶ منابع این فصل

[1] Gagan Adibhatla, *Design and Implementation of a Compliance Controller for the PA10-7CE Seven Degree of Freedom Dexterous Robot*, Department of Aerospace Engineering and Engineering Mechanics, University of Cincinnati, http://etd.ohiolink.edu/send-pdf.cgi/ADIBHATLA%20GAGAN.pdf?acc_num=ucin1195870314, 2007.

[2] *Adept Cobra ™ s600 Specifications*, Adept Technology Inc, http://www.adept.com/products/robots/scara/cobra-s600/downloads, 2007.

[3] *KR30HA, KR60HA, KR60L45HA, KR60L30HA Technical Data*, KUKA Roboter GmbH, Germany, http://www.kuka-robotics.com/NR/rdonlyres/F716B454-7E99-4618-B532-1A529C4206DD/0/kr_30_ha_de.pdf.

[4] *HP3JC Robot*, MOTOMAN INC, http://www.motoman.com/datasheets/HP3JC.pdf, 2007.

[5] *ARC Mate® 50iC/5L*, FANUC Robotics, USA, http://www.fanucrobotics.com/file-repository/DataSheets/Robots/ARC-Mate-50iC-5L.pdf, 2009.

[6] *IRB 6620LX*, ABB Robotics, http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/00c05dbd3fab287cc12576400031e7b0/$File/ROBO151EN_A%20tryck.pdf, 2009.

۱۰-۶ منابع تصاویر این فصل

[1] http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/research/robotics/service_robot/hardware/img/6c-free.jpg

[2] http://www.azizian.ca/PA10.jpg

[3] Gagan Adibhatla, *Design and Implementation of a Compliance Controller for the PA10-7CE Seven Degree of Freedom Dexterous Robot*, Department of Aerospace Engineering and Engineering Mechanics, University of Cincinnati, http://etd.ohiolink.edu/send-pdf.cgi/ADIBHATLA%20GAGAN.pdf?acc_num=ucin1195870314, 2007.

[4] *Adept Cobra ™ s600 Specifications*, Adept Technology Inc, http://www.adept.com/products/robots/scara/cobra-s600/downloads, 2007.

[5] http://www.adept.com/products/robots/scara/cobra-s600/downloads

[6] http://www.kuka-robotics.com/NR/rdonlyres/B942F187-B76E-4A20-9625-06054AA25042/0/PR_KUKA_Industrial_Robot_KR30_HA_01.jpg

[7] *KR30HA, KR60HA, KR60L45HA, KR60L30HA Technical Data*, KUKA Roboter GmbH, Germany, http://www.kuka-robotics.com/NR/rdonlyres/F716B454-7E99-4618-B532-1A529C4206DD/0/kr_30_ha_de.pdf.

[8] http://www.motoman.com/images/robots/HP3JC/UPJ_standalone.jpg

[9] *HP3JC Robot*, MOTOMAN INC, http://www.motoman.com/datasheets/HP3JC.pdf, 2007.

[10] *ARC Mate® 50iC/5L*, FANUC Robotics, USA, http://www.fanucrobotics.com/file-repository/DataSheets/Robots/ARC-Mate-50iC-5L.pdf, 2009.

[11] http://www02.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/75C2F507827DA2FAC1257649003D4ED4/$File/IRB_6620LX_mirrored_720.jpg

[12] *IRB 6620LX*, ABB Robotics, http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/00c05dbd3fab287cc12576400031e7b0/$File/ROBO151EN_A%20tryck.pdf, 2009.

محمد یوسفی

Mohammad Yousefi

سینماتیک بازو های رباتیک

Robotic Arms Kinematics

۱۳۸۸-۸۹

2009-10

فصل ششم: نرم افزار RAK

Chapter 6: RAK Software

صفحات ۱۴۳ تا ۲۲۰

Pages 143 to 220

vahid_you2004@yahoo.com
www.dihav.com