



دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی مکانیک

## آزمایشگاه آموزشی و تحقیقاتی رباتیک و کنترل

مسئول آزمایشگاه:

دکتر امین نیکوبین

بروزرسانی:

پاییز ۹۷

## معرفی

در این آزمایشگاه پروژه‌های تحقیقاتی و صنعتی در زمینه رباتیک، کنترل و دینامیک انجام می‌شود و همچنین مفاهیم مربوط به علم رباتیک و کنترل به صورت عملی به دانشجویان آموزش داده می‌شود. زمینه‌های اصلی تحقیقاتی در این آزمایشگاه شامل رباتیک، کنترل، دینامیک و مکاترونیک می‌باشد. استخراج معادلات دینامیکی انواع رباتها و سیستم‌های دینامیکی و همچنین شبیه سازی آنها با نرم افزارهای مربوطه انجام می‌گیرد و آزمایشات لازم توسط تجهیزات و امکانات موجود انجام می‌شود. عناوین آخرین پروژه‌های در دست انجام به شرح زیر می‌باشد:

- بالانس بهینه رباتهای سرعت بالا
- پرتاب بهینه توسط رباتهای سری
- مدلسازی، کنترل و تولید توان بهینه توسط ژنراتورهای کاپیتی
- طراحی مسیر برای رباتهای متحرک و خودروهای خودران
- طراحی، ساخت و کنترل کوادکوپترها و رباتهای پرنده
- طراحی، ساخت و کنترل رباتهای بازرس پستههای برق
- طراحی و ساخت تجهیزات حرکتی و کمک حرکتی معلولان

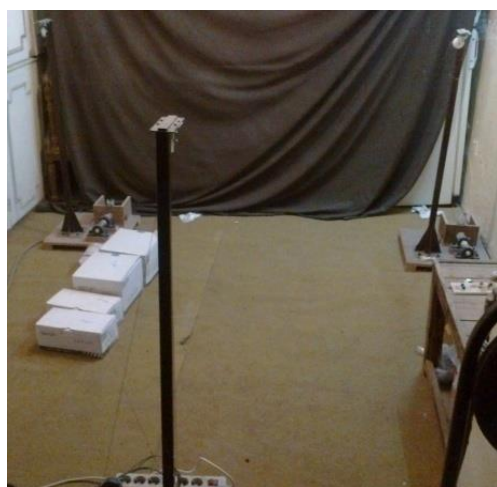
## خدمات قابل ارائه به صنعت و پژوهشگران

- آموزش تئوری و عملی علم رباتیک (سینماتیک، دینامیک، طراحی مسیر و کنترل)
- آموزش مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های رباتیکی و دینامیکی
- برگزاری کلاسهای آموزشی نرم افزارهای MATLAB، Solidworks،
- طراحی، ساخت و کنترل انواع ربات‌های صنعتی، ربات‌های خاص و سیستم‌های مکاترونیکی
- طراحی، ساخت و کنترل انواع سکوهایی دو درجه آزادی شامل سکوی رادار و لانچرها
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی انواع ربات‌ها، مکانیزم‌ها و سیستم‌های مکاترونیکی
- پیاده‌سازی و تست انواع روشهای کنترلی بر روی رباتهای مختلف
- طراحی و ساخت انواع تجهیزات باربر و نفربر بر روی پله و مسیرهای شیب دار
- طراحی، شبیه‌سازی و ساخت تجهیزات مکانیکی و مکاترونیکی

## تجهیزات و تحقیقات آزمایشگاه رباتیک و کنترل

### ۱- ربات کابلی معلق:

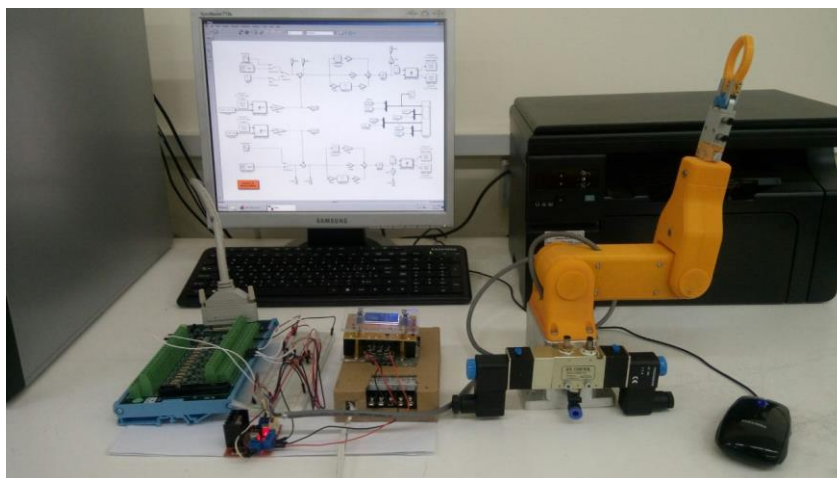
ربات‌های کابلی نسل جدیدی از ربات‌های موازی می‌باشند که در آنها از کابل برای ایجاد حرکت مورد نظر استفاده شده است. سینماتیک و دینامیک نسبتاً پیچیده ربات‌های موازی از مهم‌ترین دلایل استفاده از کابل در این گونه ربات‌ها بوده است. ساختمان یک ربات کابلی متشکل از یک مجری نهایی می‌باشد که توسط کابل‌های محرک به پایه متصل گردیده اند. این ربات‌ها در حالی که مزایای ربات‌های موازی نظیر سرعت و شتاب بالا و قابلیت حمل بار بالا را دارا می‌باشند فاقد برخی محدودیت‌های ربات‌های موازی نظیر فضای کاری کوچک می‌باشند. این ربات‌ها شامل دو دسته اصلی معلق و مقید افزونه هستند. در ربات کابلی معلق از جاذبه برای ایجاد نیروی کشش در کابل‌ها و کنترل مجری نهایی استفاده می‌گردد، در حالی که در نوع مقید افزونه تنها از نیروی کابل‌ها برای کنترل حرکت مجری نهایی استفاده می‌گردد. افزونگی یکی از ملزومات ربات‌های کابلی افزونه می‌باشد که منشا آن ناشی از این مساله است که کابل‌ها فقط در حالت کشش می‌توانند باعث ایجاد حرکت در مجری نهایی شوند. بنابراین، در یک موقعیت غیر تکین، به منظور ایجاد حرکت  $n$  درجه آزادی برای مجری نهایی، حداقل  $n+1$  کابل مورد نیاز است. ربات کابلی موجود در آزمایشگاه دارای سه سروو موتور می‌باشد که می‌توان آزمایش‌های مربوط به سینماتیک، دینامیک، کنترل و طراحی مسیر ربات‌های کابلی معلق را با آن انجام داد و برای کاربردهای آموزشی و تحقیقاتی از آن بهره برد.



ربات کابلی.

### ۲- بازوی رباتیک آموزشی دو درجه آزادی:

ربات‌های بازویی از کاربردی‌ترین انواع ربات در صنعت هستند. طراحی، ساخت و راه‌اندازی این ربات‌ها در زمره فعالیت‌های آزمایشگاه رباتیک قرار دارد. شکل زیر یک ربات دو درجه آزادی با کاربرد آموزشی مجهز به گریپر<sup>۱</sup> پنوماتیک و تجهیزات الکترونیک آن را نشان می‌دهد. اعتبارسنجی الگوریتم‌های کنترل خطی و غیرخطی پیاده شده در نرم‌افزار متلب و کنترل موتور جریان مستقیم از آزمایش‌های طراحی شده برای این ربات هستند. این سامانه شامل یک کارت تبدیل آنالوگ به دیجیتال ادونتک<sup>۲</sup>، پل اچ<sup>۳</sup> و مدار ترانزیستوری فرمان است. نحوه عملکرد به این صورت است که موقعیت مفصل‌های بازوی توسط انکودرهای<sup>۴</sup> مطلق اندازه‌گیری شده و به وسیله کارت مبدل آنالوگ به دیجیتال به محیط سیمولینک<sup>۵</sup> متلب منتقل می‌شود. پس از پردازش اطلاعات، فرمان کنترلی از ترمینال کارت به مدار ترانزیستوری و پل اچ و پس از آن به موتورهای انتقال داده می‌شود. کنترل‌کننده تناسبی-انتگرالی-مشتق‌گیر و پس‌خوراند<sup>۶</sup> از الگوریتم‌های به کار رفته برای کنترل موقعیت این ربات هستند. این ربات بیشتر کاربرد آموزشی دارد و جهت آموزش سینماتیک، کنترل، طراحی مسیر ربات‌ها و همچنین آموزش نحوه کار با کارت‌های مبدل و فرمان دادن از طریق نرم‌افزار متلب به ربات مورد استفاده قرار می‌گیرد.



ربات دو درجه آزادی.

<sup>۱</sup> Pneumatic griper

<sup>۲</sup> Advantech

<sup>۳</sup> H-bridge

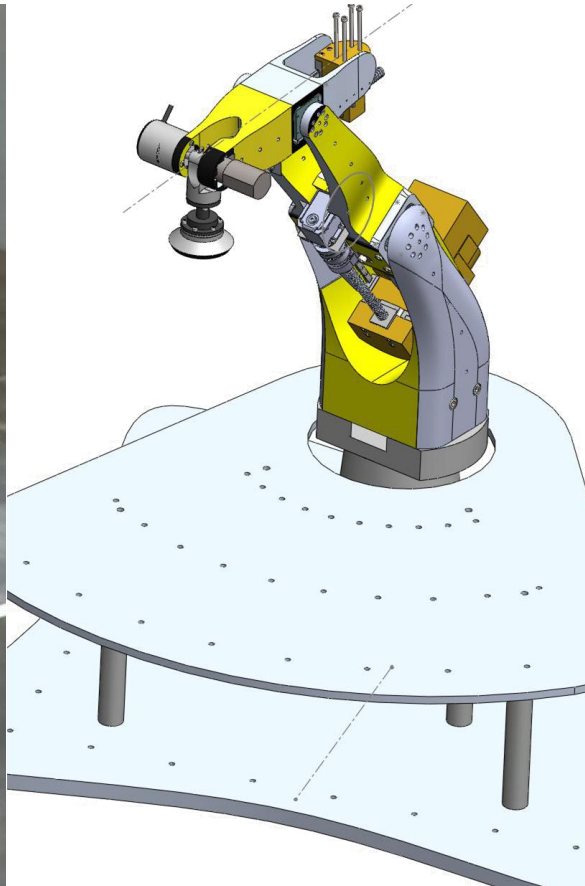
<sup>۴</sup> Encoder

<sup>۵</sup> Simulink

<sup>۶</sup> Feed forward

۳- ربات سه درجه آزادی خودبالانس :

این ربات دارای سه مفصل یک درجه آزادی بوده که امکان حرکت فضایی را به آن می‌دهد. به منظور بهینه‌سازی گشتاور مصرفی ربات، مکان جرم‌های بالانس به صورت خودکار توسط مکانیزم طراحی شده به این منظور تنظیم می‌شوند. بهینه‌سازی برای حرکت میان دو یا چند نقطه با استفاده از اصل پونترآگین<sup>۷</sup> انجام می‌پذیرد. شکل زیر مدل سه بعدی ربات را در کنار ربات ساخته شده به همراه جرم‌های بالانس و گریپر پنوماتیک به عنوان عملگر نهایی نشان می‌دهد.



مدل CAD و ساخته شده ربات سه درجه آزادی خود بالانس

Pontryagin principle<sup>۷</sup>

#### ۴- ربات دولینکی قابل بالانس:

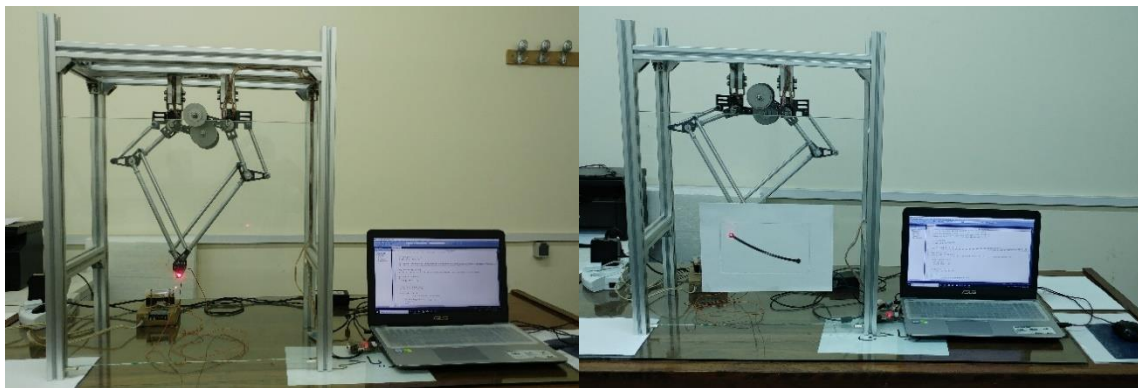
طراحی و ساخت این ربات جهت اجرا و پیاده‌سازی روش بالانس توان-صفر برای حرکت‌های نقطه به نقطه انجام گرفته است. در روش بالانس توان-صفر، پارامترهای وزنه‌های تعادل و مسیر ربات بصورت همزمان جهت دستیابی به شاخص عملکرد صفر برای وظیفه نقطه به نقطه در نظر گرفته شده، تعیین می‌گردند



ربات دو لینکی به همراه جرم‌های بالانس.

#### ۵- ربات موازی دو درجه آزادی (مکانیزم پنج لینکی) قابل بالانس:

ربات موازی دو درجه آزادی صفحه‌ای به طور گسترده در تولید اتوماسیون صنعتی وارد شده و بخاطر سرعت و دقت مناسب، مورد توجه محققان قرار گرفته است. طراحی و ساخت این ربات جهت اجرا و پیاده‌سازی روش بالانس توان-صفر با استفاده از وزنه‌های تعادل قابل تنظیم، برای حرکت‌های نقطه به نقطه انجام گرفته است. در روش بالانس توان-صفر، بسته به حرکت مورد نیاز ربات -اینکه ربات بین چه نقاطی حرکت کند و این حرکت را در چه مدت زمانی انجام دهد- پارامترهای وزنه‌های بالانس محاسبه و تنظیم می‌شوند و ربات می‌تواند در حالت ایده‌آل بدون تلاش کنترلی بین دو نقطه مورد نظر یک حرکت تکراری داشته باشد.



ربات موازی دو درجه آزادی بالانس شده.

### ۶- پاندول معکوس:

پاندول‌های معکوس بخاطر داشتن ویژگی‌هایی همچون: کم محرک بودن، دینامیک غیرخطی و بعنوان سیستمی



پاندول معکوس تک لینکی.

ناپایدار و غیر مینیموم-فاز به ابزاری کارآمد برای آموزش مفاهیم کنترل و همچنین تست الگوریتم‌های کنترلی تبدیل شده‌اند. پاندول معکوس خطی شامل یک میله لولا شده به یک گاری است. گاری توسط یک موتور کنترل می‌شود در حالیکه میله به طور آزادانه حول محور خود دوران می‌کند. معمولاً در انواع آونگ معکوس اهداف زیر مدنظر است:

- به نوسان درآوردن آونگ به طور کنترل شده به نحوی که میله با یک سرعت زاویه‌ای معین به حالت وضعیت معکوس درآید.

- حفظ تعادل آونگ در وضعیت معکوس.

دستگاه شامل دو قسمت نرم افزار و سخت افزار است. نرم افزار

دستگاه مبتنی بر نرم افزار متلب بوده و امکان استفاده از تمامی بلوک‌های موجود در سیمولینک<sup>۸</sup> فراهم می‌باشد. بلوک‌های لازم برای ارتباط با کارت واسط به همراه دستگاه ارائه می‌شود که البته با توضیحاتی که در بسته نرم افزاری دستگاه وجود دارد، امکان ساخت بلوک‌های ورودی-خروجی توسط کاربر نهایی نیز فراهم خواهد آمد. محرک دستگاه یک سروو موتور سه فاز جریان متناوب با توان ۰/۷۵ کیلو وات به همراه یک درایو صنعتی است که امکان کنترل موتور در سه حالت سرعت، گشتاور و موقعیت را فراهم می‌کند. فرمان دادن به درایو موتور از طریق کارت واسط صورت می‌گیرد. سیگنال کنترلی ارسالی از نرم افزار متلب توسط این کارت به ولتاژی بین ۱۰- ولت تا ۱۰+ ولت تبدیل شده و به درایو موتور فرستاده می‌شود. دستگاه دارای دو انکودر با تفکیک پذیری ۴۰۹۶ پالس بر دور است. فیدبک گرفتن از وضعیت گاری و لینک از طریق این دو انکودر صورت می‌پذیرد. اطلاعات انکودرهای مذکور توسط بخش شمارنده کارت بصورت دو عدد شانزده بیتی به متلب ارسال می‌شود. همچنین امکان فیدبک گرفتن از سرعت و جریان موتور نیز وجود دارد. بازه حرکتی گاری توسط دو میکروسوییچ تعبیه شده در دو انتهای ریل دستگاه محدود شده است. در صورت تحریک شدن این میکروسوییچ‌ها مدار حفاظتی فعال شده و موتور دستگاه از کار خواهد افتاد. در ضمن ابعاد دستگاه ۱۳۵\*۱۲۰\*۱۰۰ سانتیمتر می‌باشد. آزمایش‌های قابل انجام شامل جرتفیل سقفی، بالا آوردن میله و پایدارسازی در وضعیت معکوس می‌باشد.

<sup>۸</sup> Simulink

## ۷- ربات پرتاب‌گر:

جابجایی اجسام به روش پرتاب توسط ربات از حدود دو دهه پیش مورد توجه واقع شده‌اند. این روش که زیرمجموعه‌ای از جابجایی دینامیکی است ضمن برخورداری از سرعت بالای جابجایی، بدون ایجاد تغییر در اندازه محرکه‌ها و ساختار ربات، دستیابی به فضای کاری بیشتری از ربات را امکان‌پذیر می‌سازد. از این مزایا می‌توان برای سرعت بخشیدن به جابجایی قطعات در نقاط مختلف خطوط تولید با توان مصرفی کمتر استفاده نمود. از آنجایی که زوایا و سرعت‌های متعددی برای پرتاب جسم توسط ربات به محدوده مورد نظر وجود دارد، لذا به‌منظور صرفه‌جویی در زمان، انرژی و رسیدن به بیشترین برد پرتاب، مساله بهینه‌سازی پرتاب رباتیکی در عملیات تکراری انتقال اجسام امری ضروری می‌باشد. از جمله تحقیقات قابل انجام در زمینه پرتاب رباتیکی می‌توان به محاسبه زاویه بهینه پرتاب، زمان بهینه پرتاب و بزرگترین محدوده قابل پرتاب اشاره نمود. یکی از پیچیدگی‌های مساله پرتاب بهینه، وجود چندین پاسخ برای آن می‌باشد. پرتاب از بالا، پرتاب از پایین، پرتاب با یک دور، پرتاب با دو دور و غیره، که البته یکی از این پاسخ‌ها، پاسخ بهینه کلی است و مابقی پاسخ بهینه موضعی می‌باشد. با تعریف مساله پرتاب به صورت یک مساله کنترل بهینه، به‌گونه‌ای که معادلات دینامیکی ربات، معادلات حاکم بر سیستم باشد، تعریف یک تابعی به‌عنوان تابع هدف، و اعمال شرایط مرزی، مساله پرتاب بهینه به صورت یک مساله مقدار مرزی دو نقطه‌ای درخواهد آمد که حل آن پرتاب بهینه را نتیجه می‌دهد. با در نظر گرفتن گشتاور مصرفی به‌عنوان تابع هزینه، مسائل فوق برای پرتاب صفحه‌ای و فضایی توسط ربات یک، دو و سه درجه آزادی قابل انجام می‌باشد.

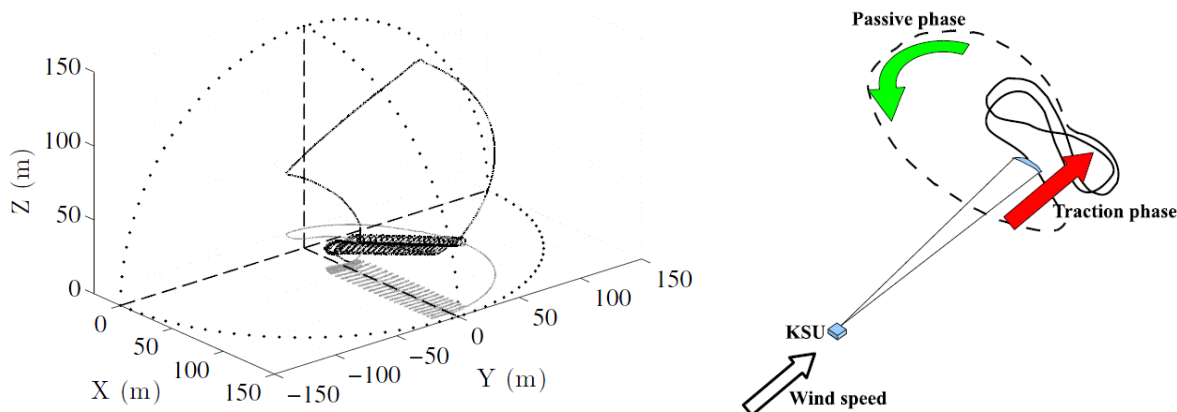


مدل سه بعدی ربات پرتاب‌گر.



۸- تحقیقات در زمینه‌ی کایت-ژنراتور:

شبه‌سازی، کنترل و بهینه‌سازی سامانه تولید انرژی هوابرد کایت-ژنراتور از تحقیقات در حال انجام در آزمایشگاه رباتیک و کنترل است. ایده‌ی کایت-ژنراتور استفاده از نیروی لیفت ایجاد شده توسط ایرفویل در حال پرواز در ارتفاعات بالا (حدود ۵۰۰ متر از زمین) و انتقال آن با استفاده از کابل (معمولاً با طول ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) به واحدی بر روی زمین است. این نیرو می‌تواند صرف چرخاندن ژنراتور یا به حرکت در آوردن وسیله‌ای مانند کشتی باشد. پرواز کایت می‌بایستی توسط سامانه‌ای کنترل شود. حرکت کایت در مسیر هشت شکل نیروی لیفتی ایجاد می‌کند. این نیرو توسط کابل به پولی ژنراتور منتقل شده، ژنراتور به حرکت درآمده و در نتیجه طول کابل افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه‌ی افزایش طول کابل، کایت از مرکز کنترل فاصله می‌گیرد. زمانی که کابل به طول حداکثر رسید، می‌بایست به نحوی کابل جمع شده و دوباره مسیر را طی کند. بنابراین کایت باید در یک چرخه حرکت کند. بدیهی است که به هنگام جمع شدن کابل توان مصرف می‌شود. شکل زیر شماتیک یک چرخه‌ی کایت-ژنراتور و مسیر پرواز در یک چرخه‌ی کامل را نشان می‌دهد. توان کل تولید شده در چرخه برابر مجموع توان مثبت در فاز کشش و توان منفی در فاز برگشت است.

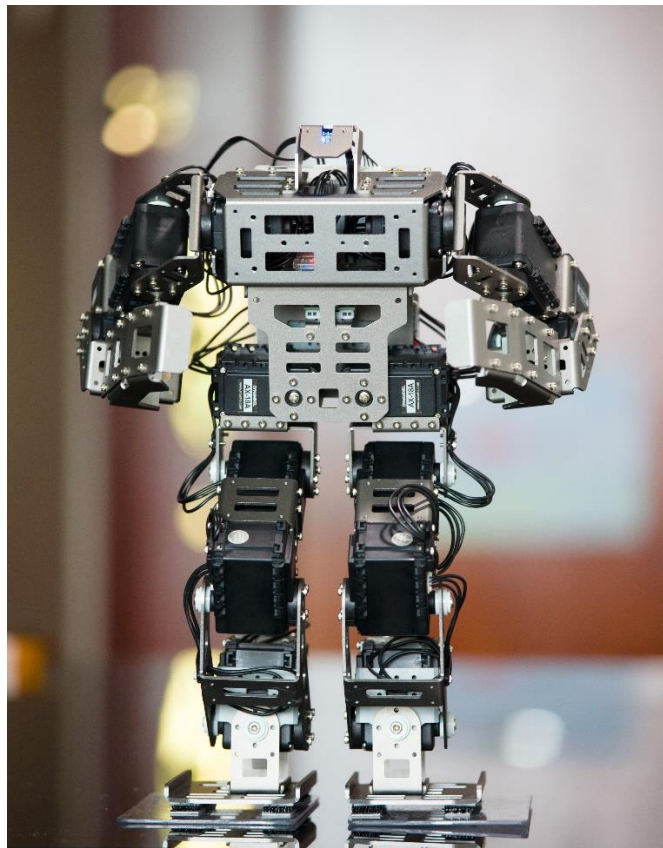


شکل راست: مسیر پرواز کایت در چرخه، شکل چپ: شماتیک چرخه توان.

## ۹- کیت آموزشی پیشروبات:

به کمک کیت آموزشی بایالوید (STEM) (Science, Technology, Engineering, Mathematics) و کتاب‌های آموزشی آن، امکان آشنایی با مفاهیم گسترده از اصول اولیه برنامه نویسی گرفته تا اصول پیشرفته علمی نظیر مکانیزم چهار میله‌ای، نیروی جانب مرکز، نیروی گریز از مرکز، گیربکس تفاضلی، مکانیزم فرمان و... فراهم می‌آید. این کیت آموزشی شامل موارد ذیل است:

- چهار عدد سروموتور Dynamixel AX-12A
- گیرنده مادون قرمز
- قطعات فریم کیت Expansion، کابل‌ها، کتاب‌های آموزشی و سایر تجهیزات.



BIOLOID

## افراد

مسئول آزمایشگاه:

**دکتر امین نیکوبین**

زمینه‌های تحقیقاتی:

- رباتیک
- کنترل
- دینامیک
- مکاترونیک

پست الکترونیکی:



[anikoobin@semnan.ac.ir](mailto:anikoobin@semnan.ac.ir)

## دانشجویان مقطع دکتری:

مجتبی ریاحی وزواری

ایمیل:

موضوع رساله:

وضعیت: مشغول به تحصیل

سال ورود: ۱۳۹۳

[mrv@semnan.ac.ir](mailto:mrv@semnan.ac.ir)

طراحی و بالانس بهینه ربات موازی دو درجه آزادی صفحه ای جهت عملیات برداشت و گذاشت با اعتبار سنجی آزمایشگاهی

محسن عسگری

ایمیل:

موضوع رساله:

وضعیت: مشغول به تحصیل

سال ورود: ۱۳۹۳

[m.asgari@semnan.ac.ir](mailto:m.asgari@semnan.ac.ir)

برنامه ریزی حرکت بهینه برای ربات بازویی پرتابگر با اعتبارسنجی آزمایشگاهی

مانی کاکاوند

ایمیل:

موضوع رساله:

وضعیت: مشغول به تحصیل

سال ورود: ۱۳۹۳

[m.kakavand@semnan.ac.ir](mailto:m.kakavand@semnan.ac.ir)

طراحی سیستم کنترلی برای کایت ژنراتور به منظور تولید توان بهینه

### پایان نامه‌های کارشناسی ارشد

تاریخ دفاع	دانشگاه	نام دانشجو	عنوان پروژه	
۸۹/۷	سمنان	علی اسماعیلی	بالانسینگ بهینه برای رباتها در مسیر تعیین شده	۱
۸۹/۷	سمنان	مجتبی مرادی	طراحی مسیر بهینه برای رباتهای بازویی متحرک	۲
۸۹/۱۱	سمنان	جواد عیسی وند	طراحی کنترلر و رویت گر برای منیپولاتور با لینک انعطاف پذیر (تئوری و ساخت)	۳
۸۹/۱۱	سمنان	علی خواجه زاده	تحلیل دینامیکی منیپولاتور بسیار انعطاف پذیر (تئوری و آزمایش)	۴
۸۹/۱۲	سمنان	رضا حامدی	حل معادلات سینماتیک مستقیم رباتهای موازی به روش HCM	۵
۹۰/۱۱	سمنان	ابراهیم شهاب	طراحی مسیر بهینه جهت بالا آوردن پاندول معکوس دو لینکی (تئوری و آزمایش)	۶
۹۰/۱۶	آزاد خمینی شهر	داود یاری	بالانس بهینه در روباتهای بازودار در حرکت نقطه به نقطه	۷
۹۰/۷	سمنان	محمد علی رافتی زاده	طراحی و ساخت یک میکرو/نانو گریپر جدید به منظور جابجایی اجسام در مقیاس میکرو/نانو (تئوری و آزمایش)	۸
۹۰/۷	سمنان	امین خسروجردی	طراحی مسیر بهینه برای منیپولاتور با لینک الاستیک (تئوری و آزمایش)	۹
۹۰/۷	سمنان	عاطفه حبیب الهی	طراحی مسیر بهینه و کنترلر برای منیپولاتور با مفصل انعطاف پذیر	۱۰
۹۰/۱۱	آزاد سمنان	مصطفی حسنی	بهینه سازی و طراحی یک میکروگریپر جدید (تئوری، ساخت)	۱۱
۹۰/۱۱	آزاد سمنان	محمد نصر آبادی	طراحی مسیر بهینه برای رباتهای کابلی	۱۲
۹۰/۱۱	آزاد سمنان	زین العابدین معینیان	تحلیل دینامیکی و بررسی پایداری رباتهای متحرک فرمانش لغزشی	۱۳

۹۱/۱۱	سمنان	رسولی محمود	طراحی، تحلیل و ساخت یک ربات چهار کابلی	۱۴
۹۱/۱۱	سمنان	ثقفی پورفرد مجتبی	طراحی و پیاده سازی کنترلر برای یک ربات چهار کابلی فضایی	۱۵
۹۱/۱۱	سمنان	حسین علی خیاط	طراحی و تحلیل پرس نئوپان ۴۰۰۰ تنی	۱۶
۹۲/۷	آزاد تهران جنوب	کیارش کمالی پيله رود	طراحی و اجرای کنترلر برای ربات کابلی جهت حرکت در فضای سه بعدی	۱۸
۹۴/۱۲	سمنان	رضا یوسفی	طراحی رویتگرهای حالت و اغتشاش برای سیستم پاندول معکوس	۱۹
۹۴/۱۲	سمنان	عباس احسانی پور	طراحی، مدل سازی، و ساخت یک ژيروسکوپ سه درجه آزادی جهت استفاده در شهر بازی	۲۰
۹۴/۱۱	سمنان	امیر کمال	بالانس بهینه برای رباتهای موازی در حرکت نقطه به نقطه	۲۱
۹۴/۱۲	سمنان	سیدحسین سید مرتاض	طراحی مسیر بهینه برای پرتاب یک جسم توسط ربات دو درجه آزادی	۲۲
۹۴/۱۲	سمنان	نسترن سامانی	طراحی مسیر بهینه برای رباتهای بازویی فضایی	۲۳
۹۶/۶	سمنان	ابراهیم طهماسبی	طراحی مسیر بهینه برای ربات فضایی در یک مسیر مشخص	۲۴
۹۶/۶	سمنان	محمد قدیمی	مدلسازی دینامیکی و تحلیل ارتعاشی میکرو کانتیلور میکروسکوپ نیروی اتمی مود ضربه ای در محیط های مختلف در مقیاس نانو	۲۵

لیست مقالات چاپ شده در مجلات و کنفرانسهای بین المللی که توسط همکاران و دانشجویان آزمایشگاه رباتیک و کنترل به چاپ رسیده است را در آدرس زیر ببینید:

<https://scholar.google.com/citations?user=oSf9FMAAAAJ&hl=en>