



دستور کار آزمایش :

بازوی ربات SPAD S100



## فهرست

آزمایش ۱: سینماتیک مستقیم.....	۳
آزمایش ۲: سینماتیک معکوس.....	۶
آزمایش ۳: تاثیر ضریب $kp$ در عملکرد موتور.....	۷
آزمایش ۴: مشاهده OVERSHOOT و آشنایی با زمان های مورد نظر در کنترل.....	۱۲
آزمایش ۵: PID Simmechanic.....	۱۴
آزمایش ۶: بستن حلقه های کنترلی متفاوت در simmechanic.....	۱۸
مرحله ی اول : بلوک کنترلی PI.....	۱۸
مرحله ی دوم : بلوک کنترلی PD.....	۱۹
مرحله ی سوم : بلوک کنترلی ID.....	۱۹
مرحله ی چهارم : بلوک کنترلی PID.....	۲۰
آزمایش ۷: بررسی اثر Orientation در یک مسیر دلخواه.....	۲۱
۸: آزمون.....	۲۲

## آزمایش ۱: سینماتیک مستقیم

### ۱-۱ هدف

هدف از این آزمایش مقایسه نتایج به دست آمده از حل تحلیلی مسئله سینماتیک مستقیم و نتایج آزمایش واقعی بر روی بازوی ربات اسپاد<sup>۱</sup> می باشد.

### ۱-۲ روند آزمایش

۱. در نرم افزار ربات،  $\theta_i$  هر مفصل را وارد کرده و وضعیت مجری نهایی را بدست آورید و فایل مورد نظر را ذخیره کنید.

۲. در شکل زیر حالت صفر ربات و طول لینک ها مشخص شده است. موارد خواسته شده را بدست آورید.

- دستگاه های مختصات را مشخص کنید.
- جدول دناویت-هارتنبگ<sup>۲</sup> را تکمیل کنید.
- فرمول های سینماتیک مستقیم بازوی ربات را بدست آورید.
- کد متلب<sup>۳</sup> محاسبه ی فرمول ها را بنویسد و با جایگذاری  $\theta_i$  مرحله ی ۱ برای هر مفصل ، موقعیت مجری نهایی را محاسبه کنید.

مشخصات مورد نیاز:

$$\begin{aligned}L_1 &= 60mm \\L_2 &= 106mm \\L_3 &= 60mm \\L_4 &= 35mm \\L_5 &= 73mm \\L_6 &= 95mm \\L_7 &= 240mm\end{aligned}$$

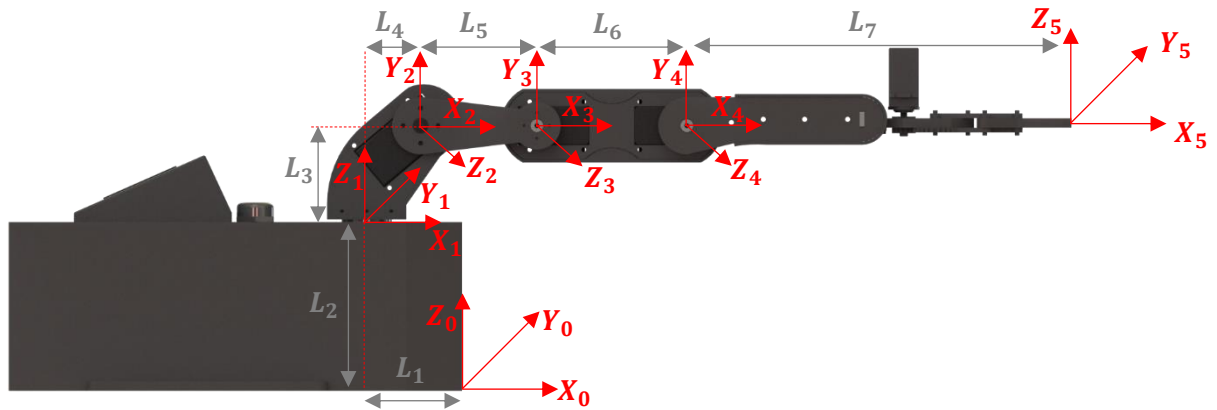
---

<sup>۱</sup> SPAD

<sup>۲</sup> Denavit–Hartenberg parameters

<sup>۳</sup> MATLAB Software

دستگاه های مختصات :



جدول دناویت هار تنبرگ :

$i$	$a_{i-1}$	$\alpha_{i-1}$	$\theta_{i-1}$	$d_{i-1}$
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				

تابع تبدیل  $T_5^0$  :

فرمول‌های سینماتیک مستقیم :

$$X=$$

$$Y=$$

$$Z=$$

۳. از ماتریس تبدیل  $T_5^0$  بدست آمده ماتریس دوران و فرمول‌های حرکت مجری نهایی را بدست آورید.

۴. ماتریس تبدیل و فرمول‌های سینماتیک مستقیم، در نرم افزار ربات قابل مشاهده است. جواب بدست آمده را با جواب‌های موجود در نرم افزار مقایسه کنید. با توجه به زاویه‌هایی که در مرحله‌ی اول انتخاب کرده‌اید، موقعیت مجری نهایی را بدست آورید و با موقعیت بدست آمده در نرم افزار مقایسه کنید.

توجه : موقعیت‌های داده شده در نرم افزار براساس دستگاه مختصات مشخص شده بر روی ربات و موقعیت سر گریپر<sup>۴</sup> می باشد. تبدیل دستگاه داده شده است.

$$x = x_0 + 60(mm)$$

$$y = y_0$$

$$z = z_0 + 140(mm)$$

برای بدست آوردن موقعیت سرگریپر یک دستگاه مختصات در سر گریپر در نظر گرفته شده است، فاصله دستگاه قرار گرفته شده در سر گریپر تا دستگاه مفصل چهار برابر D است که داده شده است.

---

<sup>4</sup> Gripper

## آزمایش ۲: سینماتیک معکوس

### ۲-۱ هدف

هدف از این آزمایش مقایسه نتایج به دست آمده از حل تحلیلی مساله سینماتیک وارون و نتایج حاصل از نرم افزار اسپاد است.

### ۲-۲ روند آزمایش

۱. برای ۳ نقطه‌ی متمایز دلخواه از مجری نهایی، مقادیر متغیرهای مفصلی را توسط نرم افزار اسپاد بدست آورید. مختصات نقاط و حل‌های بدست آمده را ذخیره کنید.

۲. معادلات سینماتیک وارون را محاسبه کرده و برای نقاط مرحله‌ی قبل متغیرهای مفصلی را با استفاده از نرم افزار متلب محاسبه کنید.

این مسئله ممکن است چندین جواب داشته باشد، همه‌ی حل‌ها را بدست آورید. در انتها در قالب یک جدول نتایج حاصل از دو مرحله را مقایسه کنید. در مورد تعداد جوابها و دلایل اختلاف احتمالی بحث کنید.

### تذکر:

با توجه به فرمول‌های سینماتیک مستقیم بدست آمده در بخش (۲-۱) و با فرض معلوم بودن زاویه‌ی  $\varphi = \theta_2 + \theta_3 + \theta_4$  و موقعیت مجری نهایی  $(x, y, z)$ ، فرمول‌های سینماتیک معکوس را محاسبه کنید.

برای دست یابی به  $\varphi$  با جایگذاری موقعیت مجری نهایی در نرم افزار،  $\varphi$  های قابل استفاده برای این موقعیت در سطر اول جدول ظاهر می‌شود.

## آزمایش ۳: تاثیر ضریب $k_p$ در عملکرد موتور

### ۳-۱ هدف

هدف از این آزمایش آشنایی با ضرایب کنترلی و تاثیر این ضرایب در عملکرد موتور ها و آشنایی با خطای حالت ماندگار و فراجهش<sup>۵</sup> و ... می باشد.

### ۳-۲ روند انجام آزمایش

۱. در نرم افزار ربات نمودار های خواسته شده را برای داده های موجود در جدول بدست آورید و سوالات مورد نظر را پاسخ دهید .

#### ❖ حالت اولیه ی ربات

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۰

برای شروع آزمایش ابتدا بررسی کنید که داده های پیش فرض در نرم افزار به صورت زیر باشد در غیر این صورت دکمه <sup>۶</sup>calibrate را کلیک کنید تا ربات در حالت شروع آزمایش قرار بگیرد.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

ربات آماده ی آزمایش می باشد . داده های هر مرحله را به ترتیب تنظیم کرده و نمودارها را ذخیره کنید. در انتها سوالات داده شده را پاسخ دهید .

<sup>۵</sup> Overshoot

<sup>۶</sup> کالیبره کردن

هر موتور در حلقه‌ی کنترلی خود از سه ضریب کنترلی تناسبی، مشتقی و انتگرالی برخوردار است که موجب عملکرد مناسب موتور می‌شود. حال برای مشاهده‌ی تاثیر ضریب کنترلی تناسبی،  $k_p$  و زاویه‌ی یکی از موتورها را تغییر می‌دهیم تا تاثیر این ضریب را در عملکرد موتور ببینیم. ضریب  $k_p$  موتور چهار را به ترتیب ۲، ۱۵، ۳۲ و ۵۰ تنظیم کرده و عملکرد موتور را مشاهده کنید. در ادامه نحوه‌ی تغییر ضریب، توضیح داده شده است.

### ○ مرحله ی اول

ضرایب PID داده شده را تنظیم کرده و SET PID GAIN را کلیک کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۲
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

متغیرهای مفصلی داده شده را تنظیم و GO TO POSITION را کلیک کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۹۰

بعد از رفتن موتور به زوایای داده شده STOP را کلیک کنید.

نمودار حاصل از داده های جدول را رسم و ذخیره کرده و مقدار نهایی Theta 4 را از بخش present Theta یادداشت کنید.

\*\*\* بعد از اتمام RESET را کلیک کنید.



## ○ مرحله ی دوم

در مرحله ی قبل به موتور چهار فرمان دادید که با ضریب کنترلی تناسبی ۲ به زاویه ۹۰ درجه برود و بازخورد موتور چهار را مشاهده کردید حال در این مرحله ضریب تناسبی را به ۱۵ افزایش داده و به موتور فرمان دهید تا به همان زاویه برود.

بعد از تنظیم کردن ضرایب، SET PID GAIN را کلیک کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۱۵
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

به موتور فرمان دهید که به زاویه ی ۹۰ درجه برود . GO TO POSITION را کلیک کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۹۰

بعد از رفتن موتور به زوایای داده شده STOP را کلیک کنید .

نمودار حاصل از داده های جدول را رسم و ذخیره کرده و مقدار نهایی Theta 4 را از بخش present Theta یادداشت کنید.

\*\* بعد از اتمام RESET را کلیک کنید .

### ○ مرحله ی سوم

در مرحله ی قبل به موتور چهار فرمان دادید که با ضریب کنترلی تناسبی ۱۵ به زاویه ۹۰ درجه برود و بازخورد موتور چهار را مشاهده کردید حال در این مرحله ضریب تناسبی را به ۳۲ افزایش داده و به موتور فرمان دهید تا به همان زاویه برود.  
بعد از تنظیم کردن ضرایب، SET PID GAIN را کلیک کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

به موتور فرمان دهید که به زاویه ی ۹۰ درجه برود . GO TO POSITION را کلیک کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۹۰

بعد از رفتن موتور به زوایای داده شده STOP را کلیک کنید .  
نمودار حاصل از داده های جدول را رسم و ذخیره کرده و مقدار نهایی Theta 4 را از بخش present Theta یادداشت کنید.  
\*\* بعد از اتمام RESET را کلیک کنید .

#### ○ مرحله‌ی چهارم

در مرحله‌ی قبل به موتور چهار فرمان دادید که با ضریب کنترلی تناسبی ۳۲ به زاویه ۹۰ درجه برود و بازخورد موتور چهار را مشاهده کردید؛ حال در این مرحله ضریب تناسبی را به ۵۰ افزایش داده و به موتور فرمان دهید تا به همان زاویه برود. بعد از تنظیم کردن ضرایب، SET PID GAIN را کلیک کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۵۰
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

به موتور فرمان دهید که به زاویه‌ی ۹۰ درجه برود . GO TO POSITION را کلیک کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۹۰

بعد از رفتن موتور به زوایای داده شده STOP را کلیک کنید . نمودار حاصل از داده های جدول را رسم و ذخیره کرده و مقدار نهایی Theta 4 را از بخش present Theta یادداشت کنید. \*\* بعد از اتمام RESET را کلیک کنید .

نمودارهای بدست آمده از هر مرحله را با هم مقایسه کرده و به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱. با توجه به  $\theta 4$  که در هر مرحله یادداشت کرده‌اید، مقدار خطای موجود در هر مرحله را بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید؛ افزایش ضریب کنترلی  $p$  چه تاثیری دارد؟

۳. با افزایش ضریب کنترلی  $p$  از ۳۲ به ۵۰ چه تغییری در میزان خطا حاصل خواهد شد، خطای حالت ماندگار را بدست آورید.

\*\*\* برای مشاهده‌ی تاثیر ضریب  $KP$  بر زمان نشست همین آزمایش را انجام دهید با این تفاوت که قبل از هر مرحله، دکمه CALIBRATE را کلیک کنید تا زاویه‌ی موتور چهار صفر شود و بتوانید زمان رسیدن به موقعیت مورد نظر را به خوبی مشاهده کنید و در هر مرحله مقایسه کنید.

## آزمایش ۴: مشاهده OVERSHOOT و آشنایی با زمان های مورد نظر در کنترل

ربات را در حالت آماده به کار قرار دهید برای این کار دکمه‌ی CALIBRATE را کلیک کنید. حال ضرایب PID داده شده را برای موتور چهار تنظیم کنید و SET PID GANE را کلیک کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۸
I Gain	۰	۰	۰	۴۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

متغیرهای مفصلی داده شده را تنظیم کنید و به مفصل چهار فرمان دهید تا به زاویه‌ی ۹۰ درجه برود.

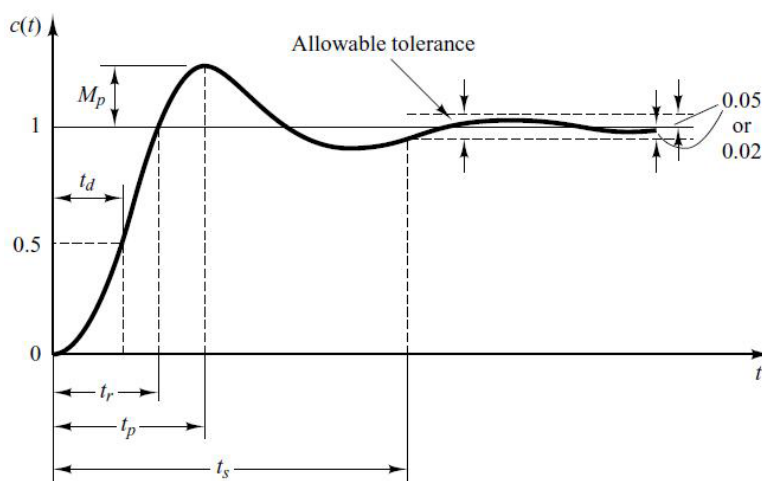
Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۹۰

GO TO POSITION را کلیک کنید.

بعد از رفتن موتور به زوایای داده شده STOP را کلیک کنید.

نمودار حاصل از داده های جدول را رسم و ذخیره کنید.

با توجه به تصویر زیر و نمودارها مقادیر زمان تاخیر<sup>۷</sup>، زمان خیز یا صعود<sup>۸</sup>، زمان اوج<sup>۹</sup>، ماکزیمم فراجهش<sup>۱۰</sup> و زمان نشست یا استقرار<sup>۱۱</sup> را بدست آورید.



\*\* شما می توانید ضرایب KP، KD و KI را که به ترتیب ضریب کنترلی تناسبی، مشتقی و انتگرالی هستند برای هر موتور تغییر دهید و نمودارهای هر مرحله را مشاهده کنید و تاثیر این ضرایب را در عملکرد ربات مشاهده کنید اما باید به دو نکته توجه کنید :

نکته اول :

تغییر ضرایب و تاثیر آنها بر عملکرد موتور را تنها بر روی مفصل چهارم بررسی کنید و یا در صورت تغییر ضرایب سایر موتورها، به محدودیت مکانیکی ربات توجه کنید تا موجب ضربه و آسیب به ربات نشود.

نکته دوم :

در پایان هر مرحله و ذخیره نمودارهای مربوطه دکمه‌ی RESET را کلیک کنید، در غیر این صورت شما با ERROR مواجه خواهید شد.

<sup>7</sup> delay time ( $t_d$ )

<sup>8</sup> rise time ( $t_r$ )

<sup>9</sup> peak time ( $t_p$ )

<sup>10</sup> maximum overshoot (mp)

<sup>11</sup> setting time ( $t_s$ )

## آزمایش ۵: PID Simmechanic

### ۵\_۱ هدف

هدف از این آزمایش بررسی ویژگی های بلوک های کنترلی<sup>۱۲</sup> مختلف و همچنین مقایسه ی نتایج بدست آمده از ربات با کنترلر PID<sup>۱۳</sup> در آزمایش قبل با نتایج بدست آمده از مدلسازی آن در محیط Simmechanic می باشد.

### ۵\_۲ روند انجام آزمایش

۱. ابتدا باید حالت اولیه ی ربات مشخص شود به این منظور زاویه ی شروع هر موتور و میزان میرایی و فنریت اتصالات تعیین میشود.

۲. سرعت متوسط دوران موتورها تعیین می شود.

۳. زاویه ی نهایی مورد نظر هر موتور تعیین می شود.

۴. نمودار مربوط به خطا و زاویه موتورها ذخیره می شود.

### حالت اولیه ی ربات

مانند مرحله ی قبل زاویه ها و ضرایب کنترلی اولیه ی موتورها را به صورت زیر قرار می دهیم:

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۹۰

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

<sup>۱۲</sup> Block diagram

<sup>۱۳</sup> proportional–integral–derivative controller (PID controller)

## ○ مرحله ی اول

ضرایب PID داده شده را وارد کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۲
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

زاویه ی نهایی مورد نظر هر موتور را وارد کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۰

نمودار خطا و زاویه موتور ۴ را ذخیره کنید..

## ○ مرحله ی دوم

ضرایب PID را به صورت زیر تنظیم کنید تا اثر تغییر ضریب تناسبی موتور ۴ را بر نوسانات ایجاد شده مشاهده کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۱۵
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

زاویه ی نهایی مورد نظر هر موتور را وارد کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۰

نمودار خطا و زاویه موتور ۴ را ذخیره کنید

### ○ مرحله‌ی سوم

ضرایب PID را به صورت زیر تنظیم کنید تا اثر تغییر ضریب تناسبی موتور ۴ را بر نوسانات ایجاد شده را مانند مرحله قبل مشاهده کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰

زاویه‌ی نهایی مورد نظر هر موتور را وارد کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۰

نمودار خطا و زاویه موتور ۴ را ذخیره کنید.

### ○ مرحله‌ی چهارم

ضرایب PID را به صورت زیر تنظیم کنید تا اثر تغییر ضریب تناسبی موتور ۴ را بر نوسانات ایجاد شده را مانند مرحله قبل مشاهده کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۵۰
I Gain	۰	۰	۰	۰
D Gain	۰	۰	۰	۰



زاویه‌ی نهایی مورد نظر هر موتور را وارد کنید.

Theta 1	۰
Theta 2	۳۰
Theta 3	۰
Theta 4	۰

نمودار خطا و زاویه موتور ۴ را ذخیره کنید.

نمودارهای بدست آمده از هر مرحله را با هم مقایسه کرده و به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱. با توجه به  $\theta 4$  که در مرحله های ۱ تا ۴ ذخیره کرده اید مقدار خطای موجود در هر مرحله را بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید، افزایش ضریب کنترلی  $p$  چه تاثیری دارد؟ (آن را با نتایج آزمایش قبل مقایسه کنید).

۲. با افزایش ضریب کنترلی  $P$  از ۳۲ به ۵۰ در مرحله ۱ تا ۴ چه تغییری در میزان خطا حاصل خواهد شد ، خطای حالت ماندگار را بدست آورید. (آن را با نتایج آزمایش قبل مقایسه کنید).

## آزمایش ۶: بستن حلقه های کنترلی متفاوت در simmechanic

### ۱\_۶ هدف

هدف از این آزمایش بستن بلوک های کنترلی مختلف در محیط Simmechanic و همچنین بررسی و تحلیل نتایج بدست آمده از مدلسازی آن می باشد.

### ۲\_۶ روند انجام آزمایش

۱. ابتدا باید حالت اولیه ی ربات مشخص شود به این منظور زاویه ی شروع هر موتور و میزان میرایی و فنریت اتصالات تعیین می شود.

۲. سرعت متوسط دوران موتورها تعیین می شود.

۳. زاویه ی نهایی مورد نظر هر موتور تعیین می شود.

۴. نمودار مربوط به خطا و زاویه موتورها ذخیره می شود.

### مرحله ی اول : بلوک کنترلی PI

در این مرحله اثر استفاده از بلوک کنترلی PI را مشاهده و بررسی می کنیم.

برای این منظور ضرایب PI موتور ها را مطابق زیر وارد کنید و ضرایب D را صفر قرار دهید. .

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
I Gain	۳۵	۳۷	۳۹	۴۱

Theta 1	۴۵
Theta 2	۳۰
Theta 3	-۲۰
Theta 4	۳۰

نمودار خطا و زاویه موتورها را را ذخیره کنید

### مرحله‌ی دوم: بلوک کنترلی PD

در این مرحله اثر استفاده از بلوک کنترلی PD را مشاهده و بررسی می‌کنیم.

برای این منظور ضرایب PD موتور‌ها را مطابق زیر وارد کنید و ضرایب I را صفر قرار دهید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
D Gain	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱

Theta 1	۴۵
Theta 2	۳۰
Theta 3	-۲۰
Theta 4	۳۰

نمودار خطا و زاویه موتور‌ها را ذخیره کنید

### مرحله‌ی سوم: بلوک کنترلی ID

در این مرحله اثر استفاده از بلوک کنترلی ID را مشاهده و بررسی می‌کنیم.

برای این منظور ضرایب ID موتور‌ها را مطابق زیر وارد کنید و ضرایب I را صفر قرار دهید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
I Gain	۳۵	۳۷	۳۹	۴۱
D Gain	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱

Theta 1	۴۵
Theta 2	۳۰
Theta 3	-۲۰
Theta 4	۳۰

نمودار خطا و زاویه موتور‌ها را ذخیره کنید

### مرحله ی چهارم : بلوک کنترلی PID

ضرایب PID را به صورت زیر تنظیم کنید تا اثر نامناسب بودن ضرایب PID را بر نوسانات ایجاد شده را مشاهده کنید.

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
P Gain	۴۵	۳۲	۴۰	۵۰
I Gain	۶۰	۰	۴۰	۰
D Gain	۷۰	۳۰	۰	۰

زاویه ی نهایی مورد نظر هر موتور را وارد کنید.

Theta 1	-۴۵
Theta 2	۳۰
Theta 3	۶۰
Theta 4	-۳۰

حرکت موتور را مشاهده کنید.

نمودار خطا و زاویه موتور ها را ذخیره کنید.

نمودارهای بدست آمده از هر مرحله را با هم مقایسه کرده و به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱- با استفاده از نتایج آزمایش مرحله اول خواص بلوک کنترلی PI را بررسی و مزیت ها و مشکلات آن را بیان کنید.

۲- با استفاده از نتایج آزمایش مرحله دوم خواص بلوک کنترلی PD را بررسی و مزیت ها و مشکلات آن را بیان کنید.

۳- با استفاده از نتایج آزمایش مرحله سوم خواص بلوک کنترلی ID را بررسی و مزیت ها و مشکلات آن را بیان کنید.

۴- با استفاده از نتایج آزمایش مرحله چهارم اثرات استفاده از بلوک ها کنترلی مختلف در موتور ها و نامناسب بودن ضرایب PID را بررسی کنید.

## آزمایش ۷: بررسی اثر Orientation در یک مسیر دلخواه

### ۷-۱ هدف

هدف از این آشنایی با جهت گیری های مختلف ربات در فضا و تاثیر آن بر طی کردن یک مسیر دلخواه می باشد.

### ۷-۲ روند انجام آزمایش

جهت گیری<sup>۱</sup> به معنای حالت های مختلف رسیدن ربات به یک نقطه می باشد. ما در این آزمایش قصد داریم تا تاثیر جهت گیری در طی یک مسیر دلخواه را ببینیم.

۱. ابتدا به زبانه Path equation بروید.

۲. با زدن دکمه Path without orientation مسیر حرکت ربات را مشاهده کنید.

۳. با زدن دکمه Path with orientation مسیر حرکت ربات را مشاهده کنید.

حال با استفاده از مشاهدات خود تاثیر جهت گیری ربات در طی یک مسیر را بیان کنید.

---

<sup>14</sup> Orientation

## ۸: آزمون

در این سربرگ ماتریس تبدیل  $T_5^0$  داده می شود. برا ساس ماتریس تبدیل داده شده متغیر های مفصلی چهار مفصل را بدست آورید و در قسمت پاسخ وارد کنید . توجه داشته باشید ماتریس تبدیل برا ساس پنج دستگاه محاسبه می شود و متغیر مفصلی، مفصل پنجم برابر صفر  $\theta_5=0$  است. در واقع این دستگاه تنها برای مشخص کردن سر گریپ در نظر گرفته شده است . فاصله ی این دستگاه از دستگاه چهارم برابر  $L_7=240(mm)$  است. پاسخ های نهایی را Save کنید .