



دینامیک ماشین

پروژه پایانی درس
گروه C

شهریار نامداری
810697356

استاد:
دکتر راستگو

تاریخ تحویل
1399/10/25

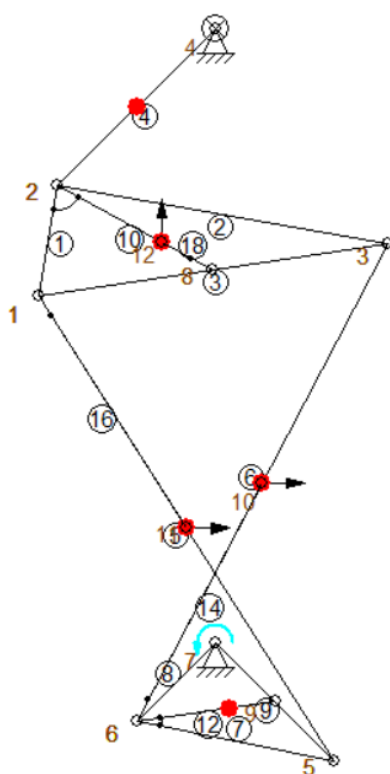
دانشکده مهندسی مکانیک
پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران
نیم‌سال اول سال تحصیلی 1399-1400

فهرست مطالب

1	چکیده	1
2	بخش اول پروژه	2
5	بخش دوم پروژه	3
6	بخش سوم پروژه	4
9	بخش چهارم پروژه	5
12	جمع بندی و نتیجه گیری	6
12	منابع و مراجع	7
13	فهرست شکل ها	8
13	فهرست نمودار ها	9

چکیدہ

در این پروژه به تحلیل یک مکانیزم توسط دو نرم افزار SAM و MATLAB میپردازیم. این بررسی در چهار مرحله انجام میشود. در ابتدا به مکان شناسی، سرعت شناسی و شتاب شناسی میپردازیم. در مرحله دوم در نرم افزار متلب انیمیشن سیستم را طراحی میکنیم. در مرحله سوم تحلیل سرعت و شتاب مطلق سه نقطه خاص از سیستم را انجام میدهیم. در مرحله آخر هم نیروشناسی انجام میشود و گشتاور مورد نیاز ورودی را پیدا میکنیم. و در تمام مراحل نیز نتایج به دست آمده از متلب را با نتایج SAM مقایسه میکنیم.

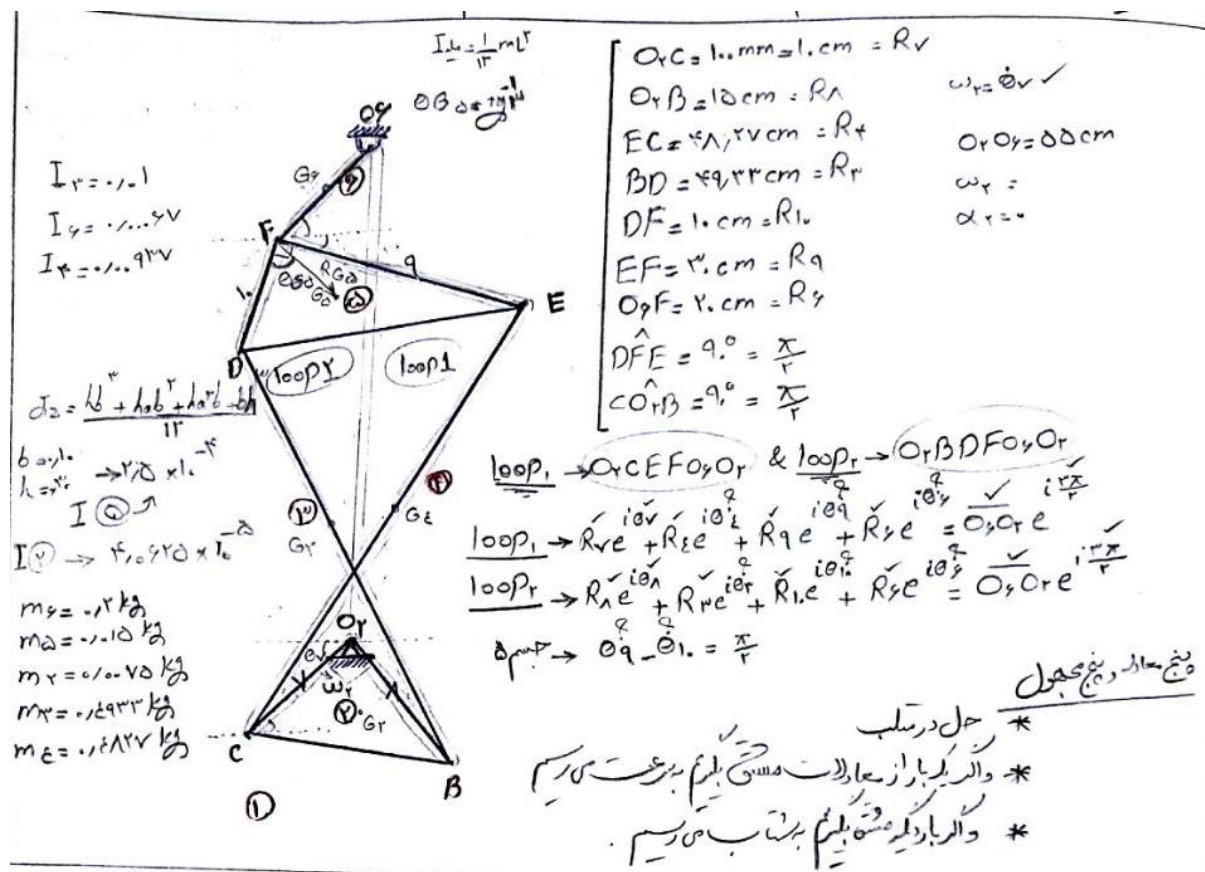


شکل 1: مکانیزم پروژه طراحی شده در *SAM*

قابل ذکر است با توجه به اینکه اندازه های داده شده در صورت پروژه باعث میشد سیستم حرکت 360 درجه نکند، اندازه ها طوری تنظیم شده اند تا این حرکت ممکن گردد. هم چنین تمام فایل های متلب، SAM و صورت پروژه به همراه این گزارش ضمیمه شده اند.

بخش اول:

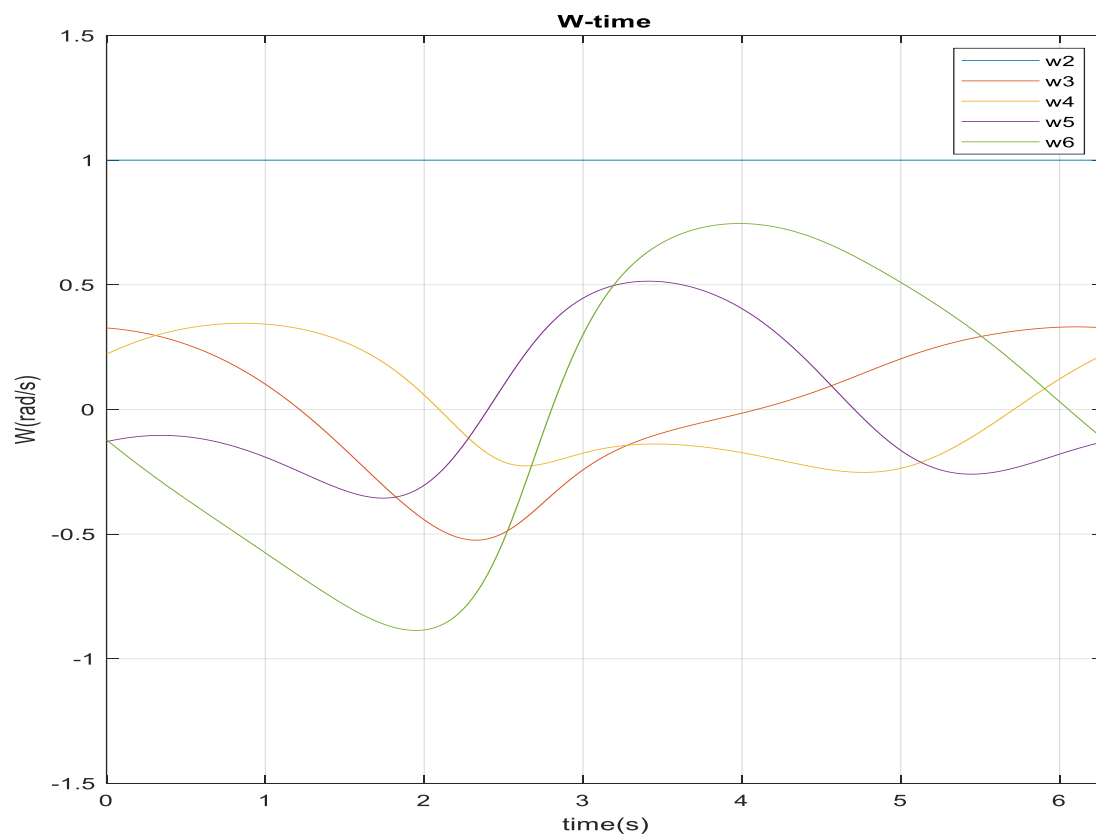
اندازه های اولیه و همچنین تحلیل این بخش که بایستی مکان یابی، سرعت شناسی و شتاب شناسی انجام میدادیم در دست نوشته زیر آمده است. هم چنین شماره گذاری ها و اسم گذاری ها در محاسبات بعدی همگی بر اساس شکل زیر انجام شده اند.



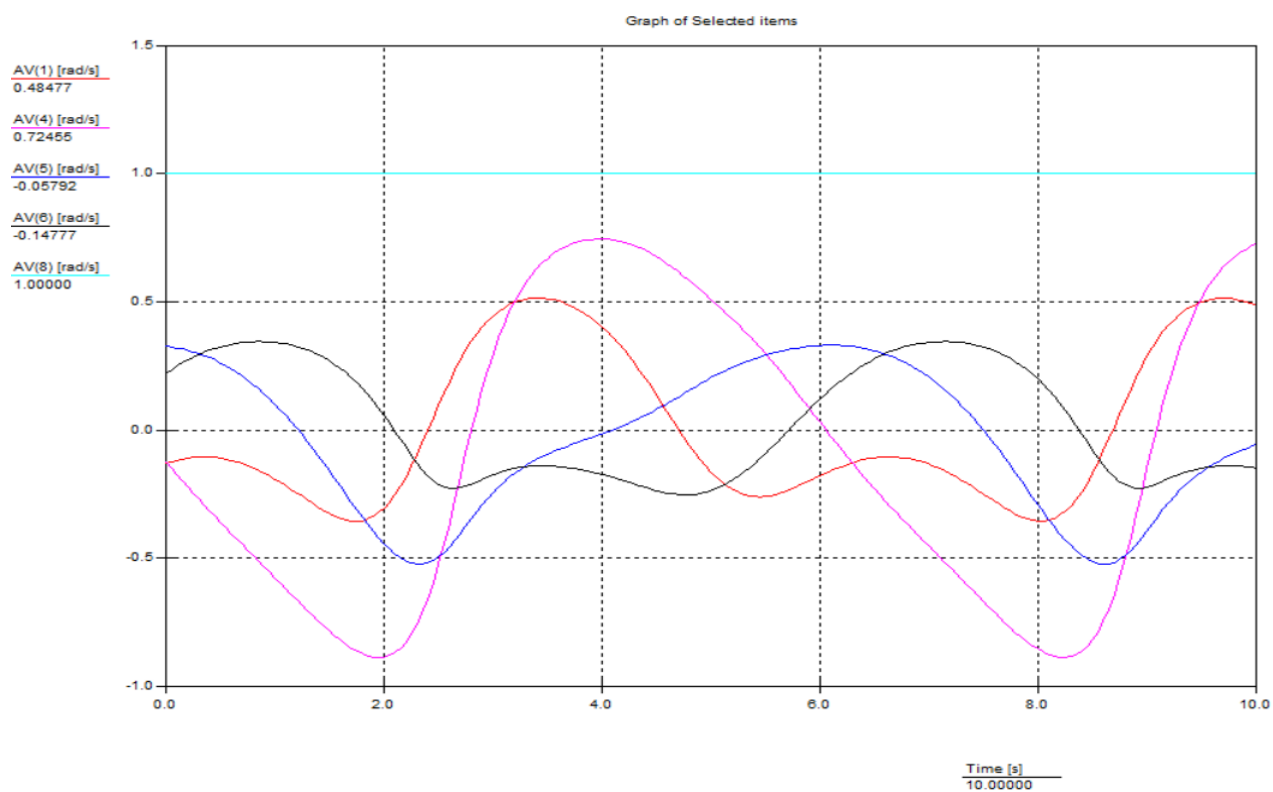
شکل 2: دست نوشته اطلاعات کلی سیستم و بخش اول پروژه

همانطور که میبینیم معادلات مکان یابی به دست آمده و محاسبات آن و همچنین محاسبات سرعت شناسی و شتاب شناسی در متلب آمده. که در نهایت به نتایج زیر ختم میشود:

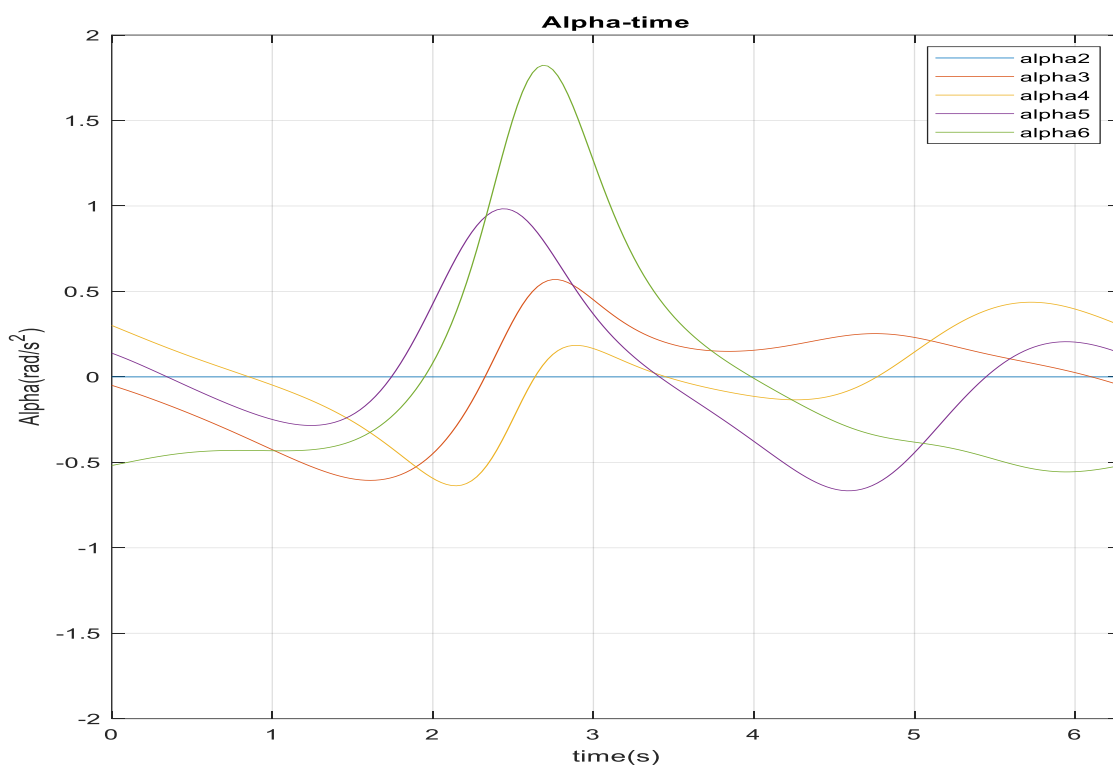
(لازم به ذکر است تمامی نمودار های متلب برای یک دوره گردش رسم شده اند اما نمودار های SAM برای مقداری بیش از یک دوره گردش رسم شده اند.)



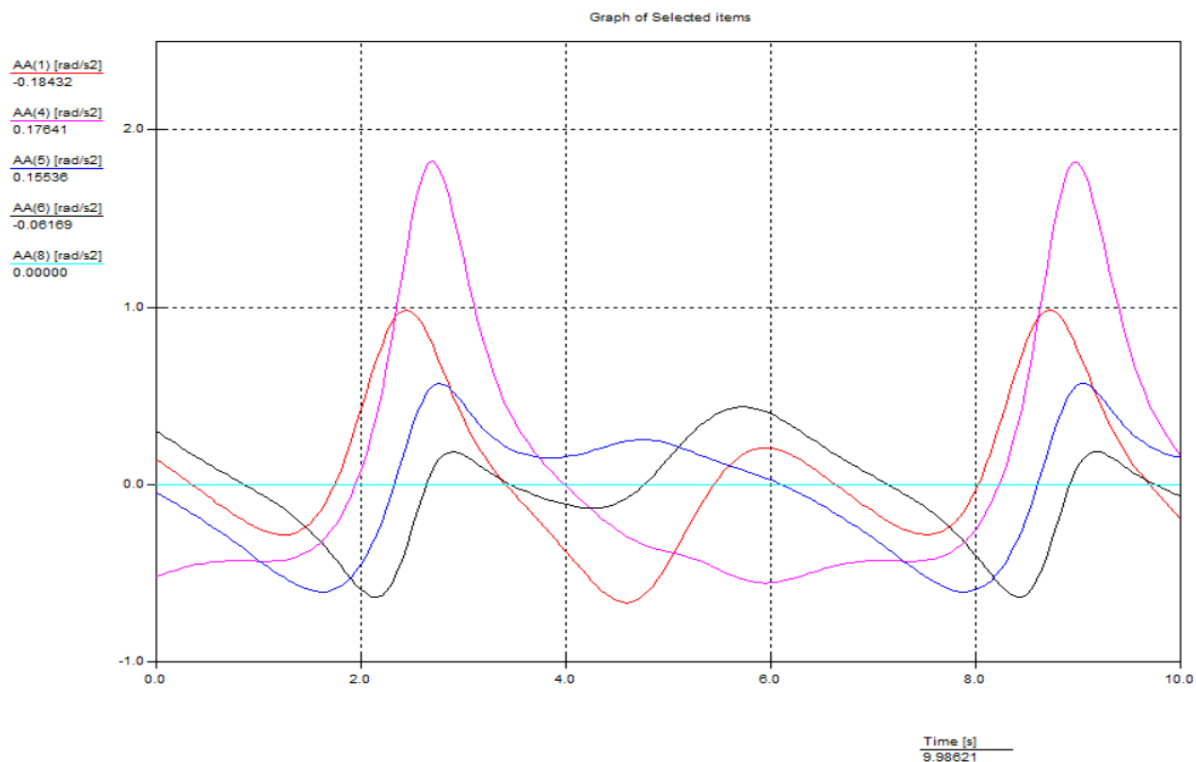
نمودار 1: نمودار سرعت زاویه عضوها بر حسب زمان در متلب



نمودار 2: نمودار سرعت زاویه عضوها بر حسب زمان در SAM



نمودار 3: نمودار شتاب زاویه اعضا بر حسب زمان در متلب

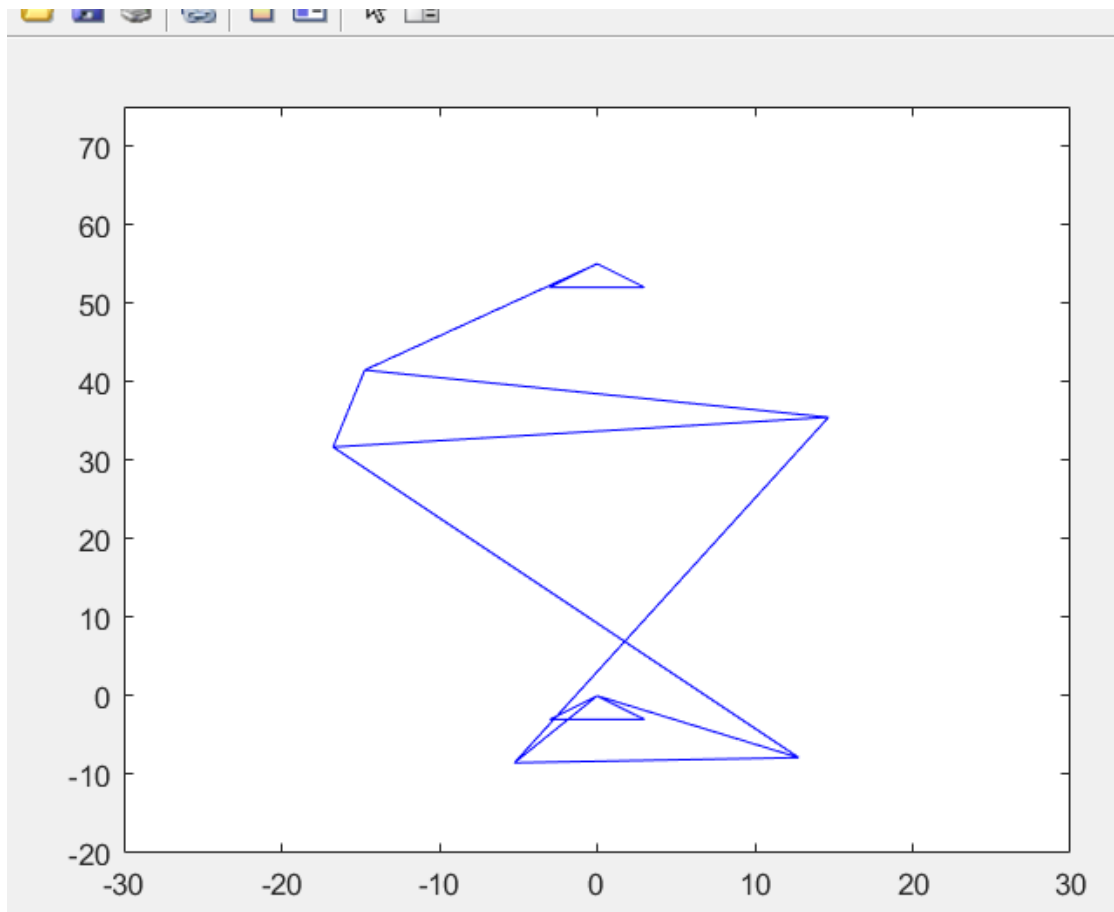


نمودار 4: نمودار شتاب زاویه اعضا بر حسب زمان در SAM

همانطور که در نمودارهای بالا قابل مشاهده است، نتایج به دست آمده از متلب و SAM کاملاً بر هم منطبق میباشند.

بخش دوم:

حرکت انیمیشن این مکانیزم در متلب را در فایل کد شماره 2 میتوان مشاهده کرد.



شکل 3: تصویر نمونه ای از فضای انیمیشن در متلب

بخش سوم:

در این بخش به تحلیل سرعت و شتاب مطلق سه راس مثلث بالایی میپردازیم (نقاط F, E, D)
در دست نوشته زیر محاسبات و معادلات مربوط به این سه نقطه آمده است که وارد متلب شده اند و نتایج به دست آمده اند که پس از دست نوشته نمودارهای آن ها قرار داده شده است.

از دست نوشته های مختلف می توانیم این معادلات را بدست آوریم:

$$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$$

$$\alpha_1, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$$

$$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$$

برای نقطه F: $\vec{V}_F = R_2 \omega_2 \perp \vec{r}_2 \rightarrow \vec{V}_F = (R_2 \omega_2 \cos(t_2 + \frac{\pi}{4}), R_2 \omega_2 \sin(t_2 + \frac{\pi}{4}))$

$$\vec{a}_F = \vec{a}_F^t + \vec{a}_F^n = R_2 \alpha_2 + R_2 \omega_2^2 \rightarrow \begin{cases} (R_2 \alpha_2 \cos(t_2 + \frac{\pi}{4}), R_2 \alpha_2 \sin(t_2 + \frac{\pi}{4})) \\ + (R_2 \omega_2^2 \cos t_2, R_2 \omega_2^2 \sin t_2) \end{cases}$$

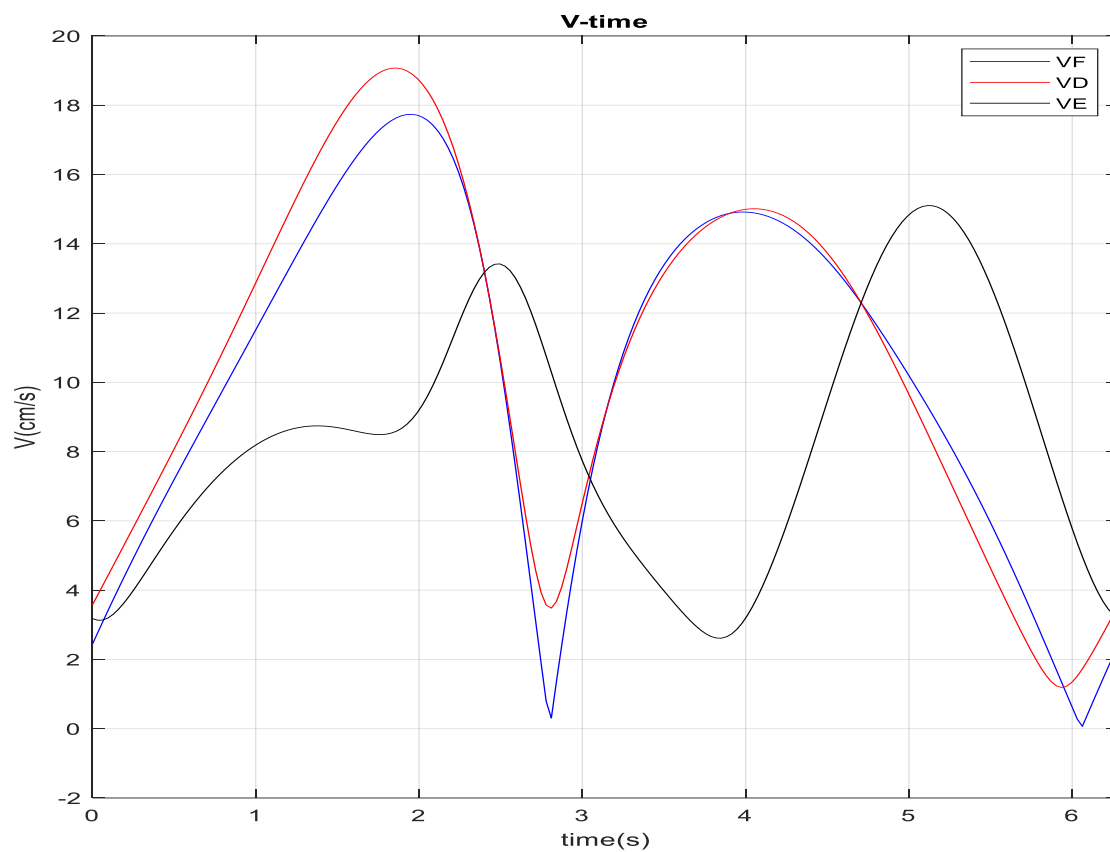
برای نقطه D: $\vec{V}_D = \vec{V}_F + \vec{V}_{D/F} = \vec{V}_F + R_{1D} \omega_1 \perp \vec{r}_{1D} \rightarrow \vec{V}_D = \vec{V}_F + (R_{1D} \omega_1 \cos(t_1 + \frac{\pi}{4}), R_{1D} \omega_1 \sin(t_1 + \frac{\pi}{4}))$

$$\vec{a}_D = \vec{a}_F + \vec{a}_{D/F}^n + \vec{a}_{D/F}^t \rightarrow \vec{a}_D = \vec{a}_F + R_{1D} \omega_1^2 (\cos t_1, \sin t_1) + R_{1D} \alpha_1 (\cos(t_1 + \frac{\pi}{4}), \sin(t_1 + \frac{\pi}{4}))$$

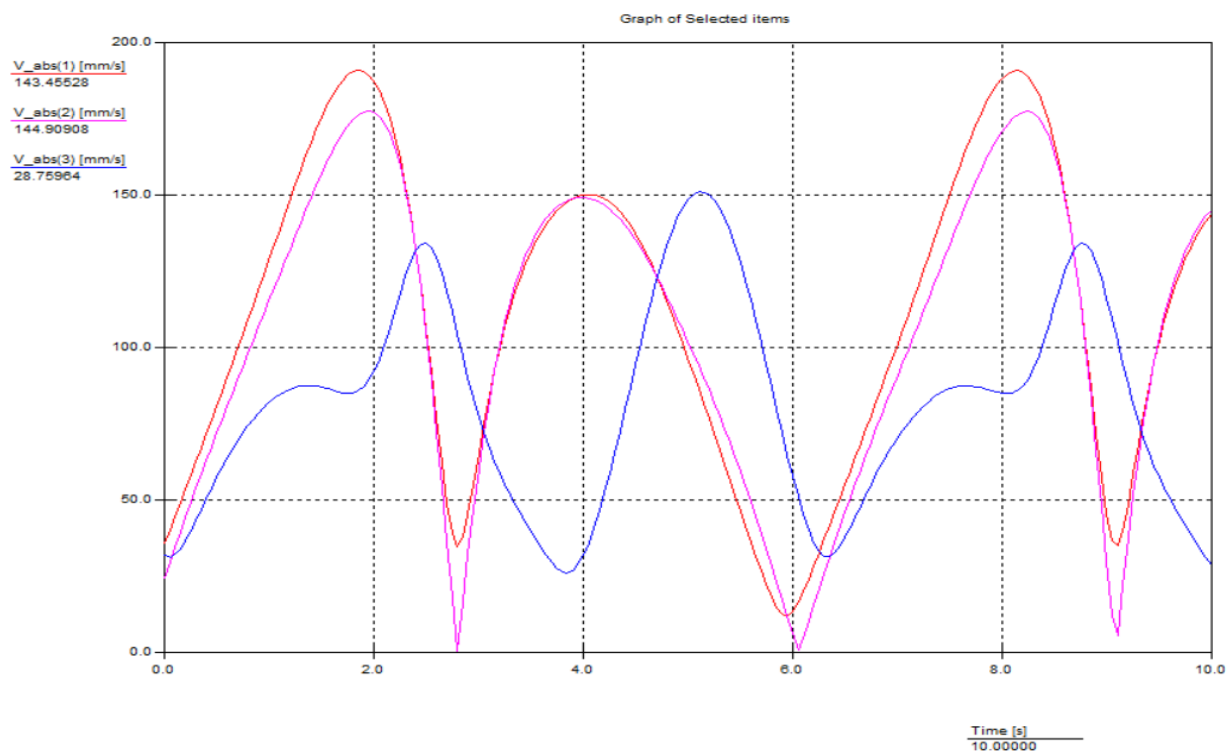
برای نقطه E: $\vec{V}_E = \vec{V}_F + \vec{V}_{E/F} = \vec{V}_F + R_{1E} \omega_1 \perp \vec{r}_{1E} \rightarrow \vec{V}_E = \vec{V}_F + R_{1E} \omega_1 (\cos(t_1 + \frac{\pi}{4}), \sin(t_1 + \frac{\pi}{4}))$

$$\vec{a}_E = \vec{a}_F + \vec{a}_{E/F}^n + \vec{a}_{E/F}^t = \vec{a}_F + R_{1E} \omega_1^2 (\cos t_1, \sin t_1) + R_{1E} \alpha_1 (\cos(t_1 + \frac{\pi}{4}), \sin(t_1 + \frac{\pi}{4}))$$

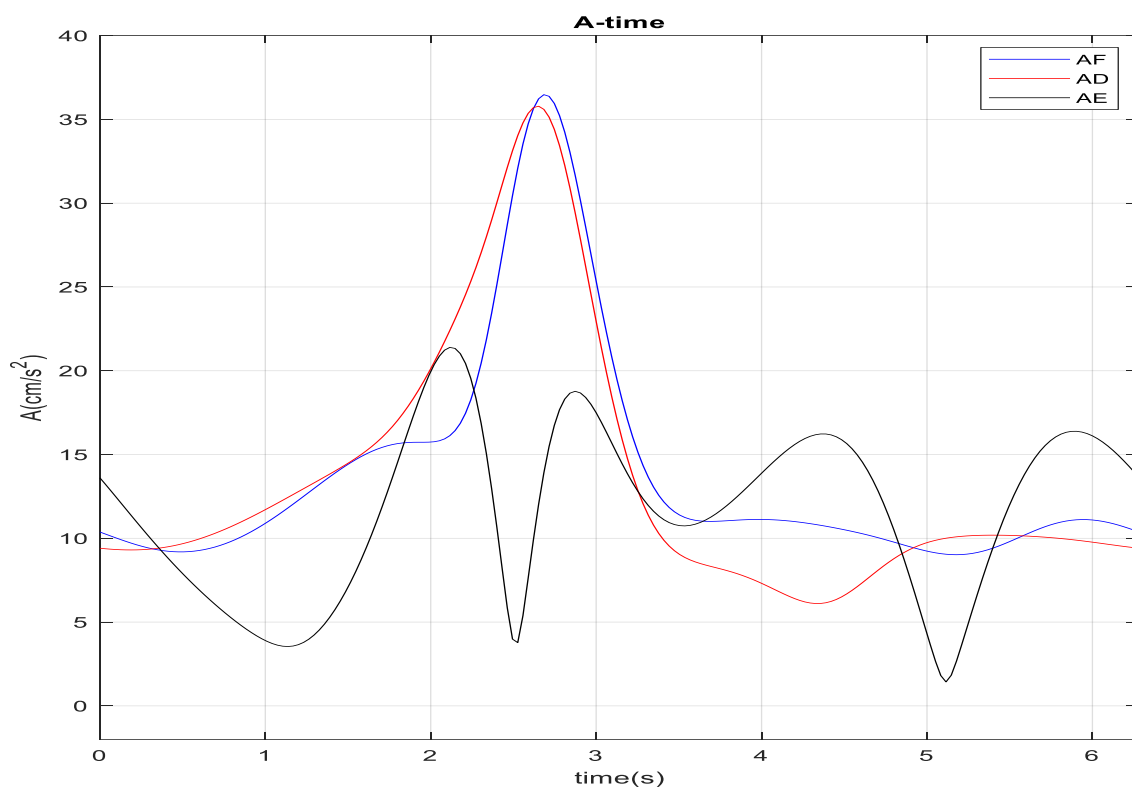
شکل 4: دست نوشته بخش سوم پروژه



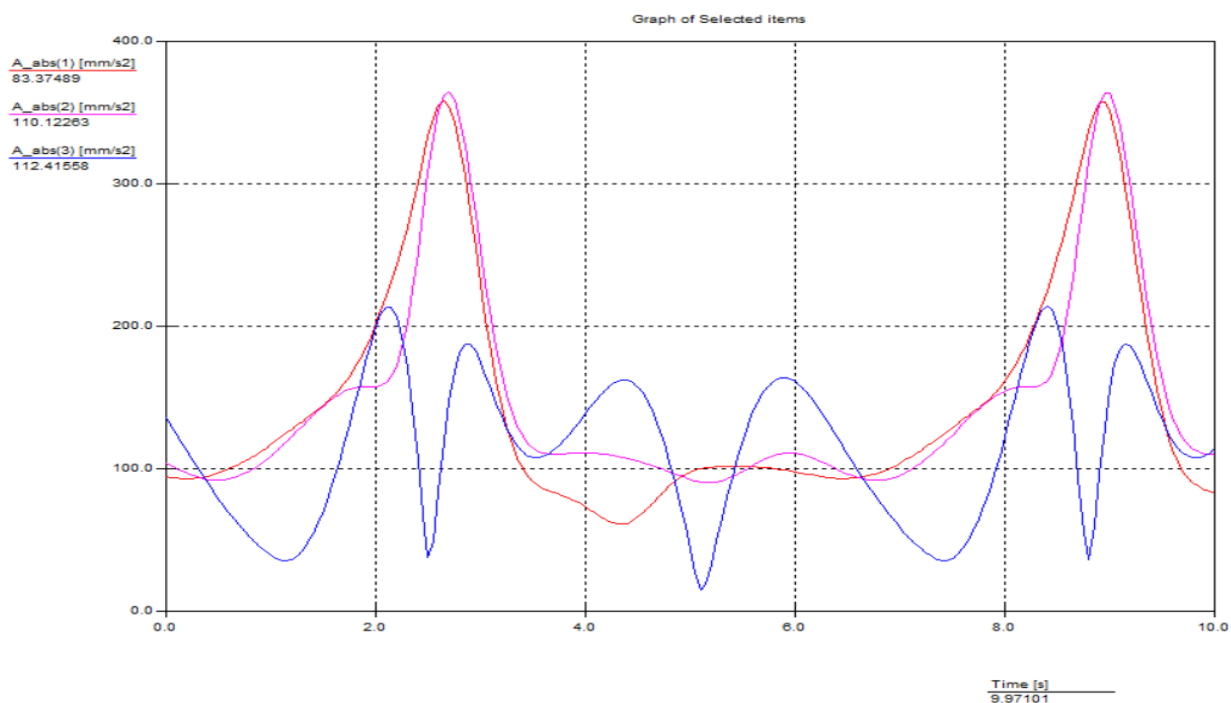
نمودار 5: نمودار سرعت مطلق بر حسب زمان نقاط F, D, E در متلب



نمودار 6: نمودار سرعت مطلق بر حسب زمان نقاط F, D, E در SAM



نمودار 7: نمودار شتاب مطلق بر حسب زمان نقاط F, D, E در متلب



نمودار 8: نمودار شتاب مطلق بر حسب زمان نقاط F, D, E در SAM

همانطور که در نمودارهای بالا قابل مشاهده است، نتایج به دست آمده از متلب و SAM کاملاً بر هم منطبق میباشند.

بخش چهارم:

در این بخش به تحلیل نیرویی میپردازیم، نیروی وارد بر مفاصل را پیدا میکنیم و هم چنین گشتاور مورد نیاز ورودی را میابیم.

$$a_{G_r} = a_{G_r}^n + a_{G_r}^t = \frac{R_p \alpha_p}{r} (\cos(t_p + \frac{r}{r_p}) + \sin(t_p + \frac{r}{r_p})) + \frac{R_p \omega_p^2}{r} (\cos t_p + \sin t_p)$$

$$a_{G_d} = a_F + \frac{R_{Gd} \alpha_d}{r} (\cos(t_d + \frac{r}{r_d} + \theta_{Gd}) + \sin(t_d + \frac{r}{r_d} + \theta_{Gd})) + \frac{R_{Gd} \omega_d^2}{r} (\cos(t_d + \theta_{Gd}) + \sin(t_d + \theta_{Gd}))$$

$$a_{G_r} = a_D + \frac{R_{Gr} \alpha_r}{r} (\cos(t_r + \frac{r}{r_r}) + \sin(t_r + \frac{r}{r_r})) + \frac{R_{Gr} \omega_r^2}{r} (\cos t_r + \sin t_r)$$

$$a_{G_f} = a_E + \frac{R_{Ef} \alpha_f}{r} (\cos(t_f + \frac{r}{r_f}) + \sin(t_f + \frac{r}{r_f})) + \frac{R_{Ef} \omega_f^2}{r} (\cos t_f + \sin t_f)$$

$$a_{G_r} = a_{G_r}^n + a_{G_r}^t \rightarrow R_{Gr} \omega_r^2 (\cos(t_r + \theta_{Gr}) + \sin(t_r + \theta_{Gr}))$$

رال: برای تحلیل نیروی می‌توانیم:

(۱) $\begin{cases} F_{G_r x} + F_{G_r y} = m_r a_{G_r x} \\ F_{G_r y} + F_{G_r x} = m_r a_{G_r y} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_r + (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) + (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) = I_r \alpha_r \\ T_r + (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) + (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) = I_r \alpha_r \end{cases}$

(۲) $\begin{cases} -F_{Dx} + F_{Dy} + F_{Ee} = m_d a_{G_d x} \\ -F_{Dy} + F_{Dx} + F_{Ee} = m_d a_{G_d y} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) + (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) = I_d \alpha_d \\ (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) + (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) = I_d \alpha_d \end{cases}$

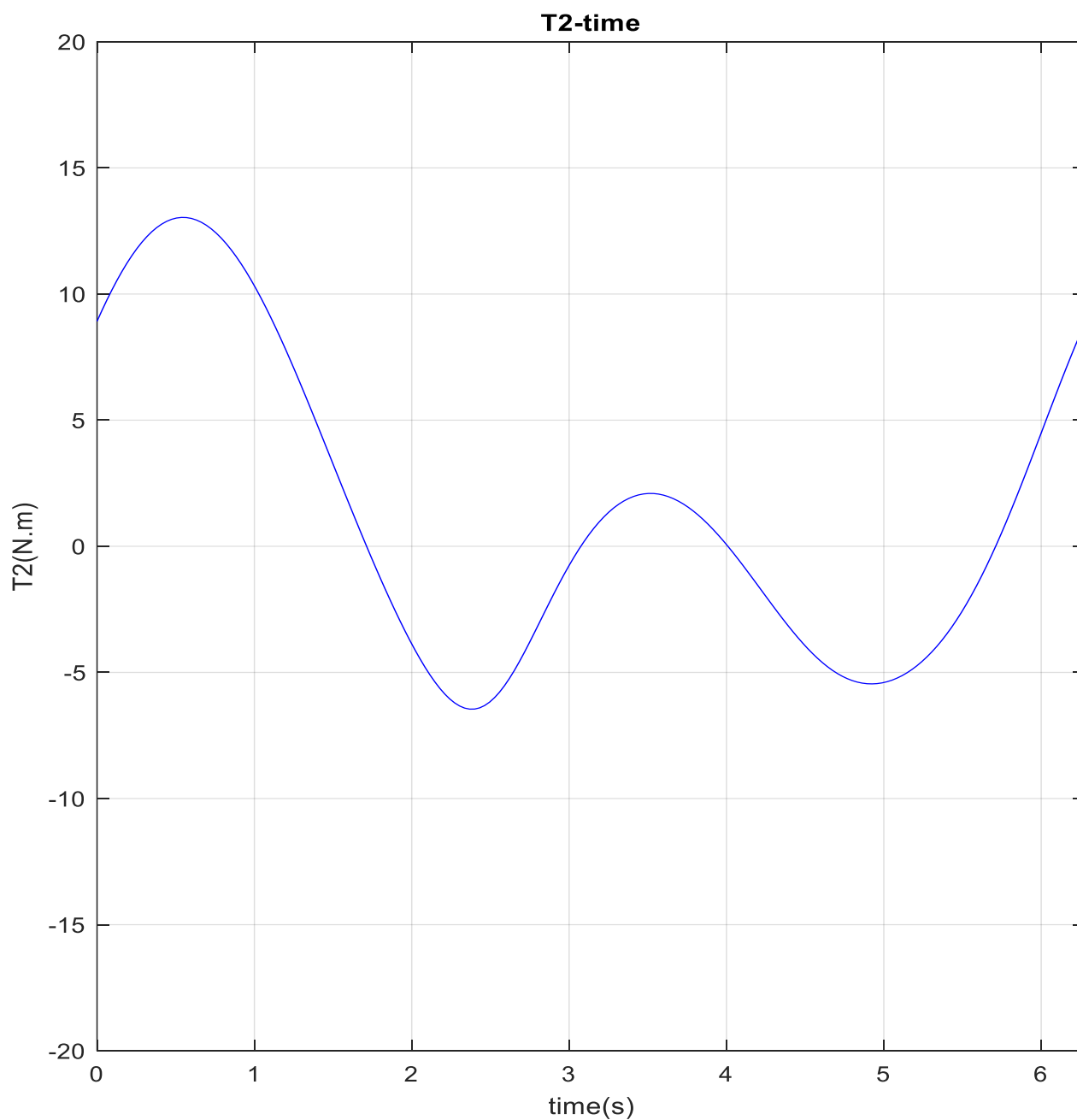
(۳) $\begin{cases} -F_{Dx} + F_{Dy} = m_r a_{G_r x} \\ -F_{Dy} + F_{Dx} = m_r a_{G_r y} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) - (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) = I_r \alpha_r \\ (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) - (R_{Df} F_{Df} - R_{Df} F_{Df}) = I_r \alpha_r \end{cases}$

(۴) $\begin{cases} -F_{Ee} + F_{Ee} = m_e a_{G_e x} \\ -F_{Ee} + F_{Ee} = m_e a_{G_e y} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (R_{Ee} F_{Ee} - R_{Ee} F_{Ee}) - (R_{Ee} F_{Ee} - R_{Ee} F_{Ee}) = I_e \alpha_e \\ (R_{Ee} F_{Ee} - R_{Ee} F_{Ee}) - (R_{Ee} F_{Ee} - R_{Ee} F_{Ee}) = I_e \alpha_e \end{cases}$

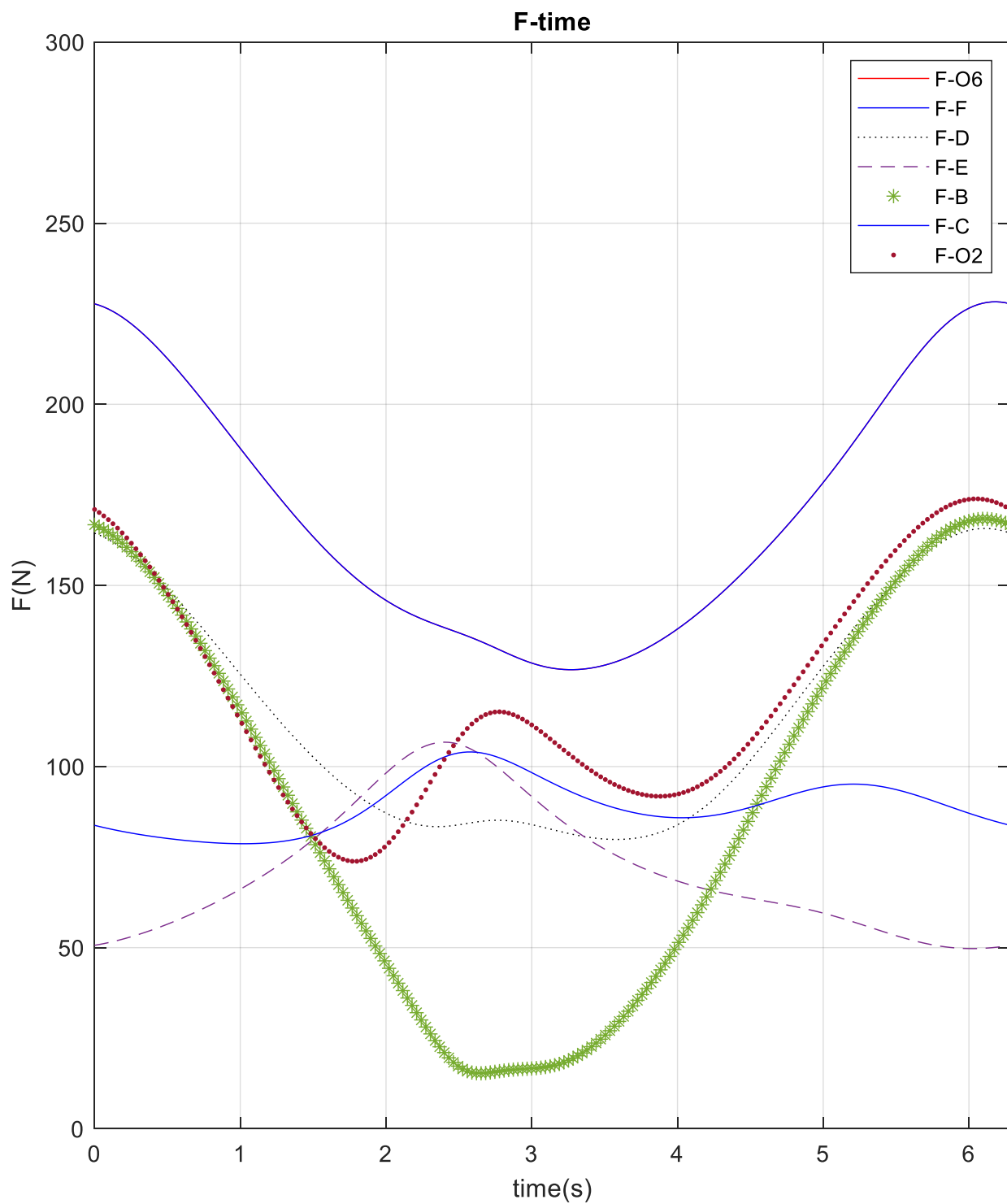
(۵) $\begin{cases} F_{G_r x} - F_{G_r y} - F_{Bx} = m_r a_{G_r x} \\ F_{G_r y} - F_{G_r x} - F_{Bx} = m_r a_{G_r y} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) - (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) = I_r \alpha_r \\ (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) - (R_{G_r} F_{G_r} - R_{G_r} F_{G_r}) = I_r \alpha_r \end{cases}$

شکل 5: دست نوشته تحلیل نیرو و محاسبه پارامترهای مورد نیاز و هم چنین معادلات

در زیر میتوان نمودارهای به دست آمده از تحلیل بخش چهارم پروژه را مشاهده کرد. متأسفانه برای بخش چهارم با وجود اینکه تمام نیروها و جرم‌ها رو در طراحی SAM اضافه کردم، موفق به قرار دادن ممان اینرسی عضوهای مثلی در این نرم افزار نشدم و به همین دلیل فقط تحلیل بخش چهارم رو، در متلب انجام دادم.



نمودار 9: نمودار گشتاور مورد نیاز ورودی بر حسب زمان



نمودار 10: نمودار نیروی وارد بر مفاصل بر حسب زمان



جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

در این پروژه مکانیزمی را در MATLAB و SAM تحلیل کردیم. همچنین اطلاعات آن‌ها را استخراج و نتایج را با هم مقایسه کردیم. از مقایسه نتایج این دو نرم افزار به نتایج تقریباً یکسانی با دقت بسیار بالا رسیدیم که این خود نشان دهنده صحت معادلات و محاسبات انجام شده می‌باشد.

منابع و مراجع:

1. ویدیوهای کلاس درس دینامیک ماشین دانشکده مکانیک دانشگاه تهران.



فهرست شکل‌ها

- شکل 1: مکانیزم پروژه طراحی شده در SAM.....1
- شکل 2: دست نوشته اطلاعات کلی سیستم و بخش اول پروژه.....2
- شکل 3: تصویر نمونه ای از فضای انیمیشن در متلب.....5
- شکل 4: دست نوشته بخش سوم پروژه.....6
- شکل 5: دست نوشته تحلیل نیرو و محاسبه پارامتر های مورد نیاز و هم چنین معادلات.....9

فهرست نمودارها

- نمودار 1: نمودار سرعت زاویه عضوها بر حسب زمان در متلب.....3
- نمودار 2: نمودار سرعت زاویه عضوها بر حسب زمان در SAM.....3
- نمودار 3: نمودار شتاب زاویه عضوها بر حسب زمان در متلب.....4
- نمودار 4: نمودار شتاب زاویه عضوها بر حسب زمان در SAM.....4
- نمودار 5: نمودار سرعت مطلق بر حسب زمان نقاط F,D,E در متلب.....7
- نمودار 6: نمودار سرعت مطلق بر حسب زمان نقاط F,D,E در SAM.....7
- نمودار 7: نمودار شتاب مطلق بر حسب زمان نقاط F,D,E در متلب.....8
- نمودار 8: نمودار شتاب مطلق بر حسب زمان نقاط F,D,E در SAM.....8
- نمودار 9: نمودار گشتاور مورد نیاز ورودی بر حسب زمان.....10
- نمودار 10: نمودار نیروی وارد بر مفاصل بر حسب زمان.....11