

سیستم‌های کنترل خطی

۰۰-۰۱-۱

پروژه نهایی (اختیاری-امتیازی)

تاریخ بارگذاری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴

تاریخ تحویل: ۱۴۰۰/۱۱/۰۷

سیستم‌های کنترل خطی دارای اهمیت بسزایی در تحلیل انواع سیستم‌های کنترلی صنعتی، زیستی و اجتماعی هستند. در واقع اگرچه این سیستم‌ها عموماً دارای طبیعت غیرخطی می‌باشند، اما سیستم‌های خطی به عنوان مبنای تحلیل این دسته از سیستم‌ها قلمداد می‌شود. به علاوه، در بسیاری از تحلیل‌ها می‌توان به کمک قضایای مستحکم ریاضی یک سیستم غیرخطی را تحت شرایطی با استفاده از معادل خطی آن تقریب زد. در این پروژه قصد داریم با استفاده از مفاهیم مطرح شده در کلاس به تحلیل یک سیستم واقعی، از منظر کنترل خطی، پردازیم. اهمیت این موضوع بر آن است که دانشجویان با کاربردهای کنترل خطی بیشتر آشنا بشوند. بدین منظور، در این بخش از پروژه دانشجویان می‌بایست ابتدا به انتخاب یک سیستم معتبر پرداخته و سپس با محاسبه‌ی نقاط کار سیستم و خطی سازی آن حول این نقاط به محاسبه‌ی تابع تبدیل پردازند. سپس، در فاز بعدی این پروژه، با استفاده از یافته‌های این بخش به طراحی کنترل کننده‌ها در فضای زمانی و فرکانسی پرداخته می‌شود.

۱ شرایط عمومی انتخاب سیستم

تمامی دانشجویان ملزم به تحقیق و انتخاب یک سیستم دینامیکی می‌باشند. در غیر اینصورت در قبال کسر ۰/۵ نمره از کل نمره پروژه، دانشجویان می‌توانند از سیستم دینامیکی بارگذاری شده در سایت درس استفاده نمایند. تمامی سیستم‌های انتخاب شده باید شرایط مورد نظر که در ادامه آورده شده است را رعایت نمایند. بدین جهت سیستم زیر را در نظر بگیرید.

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u, \quad x(t_0) = x_0$$

$$y = H(x, u) = h(x) + d(x)u$$

- سیستم مورد نظر دارای دست کم ۲ حالت و ۱ ورودی است.
- تابع $f(\cdot)$ نسبت به آرگومان‌های خود غیرخطی است (در صورتی که $f(\cdot)$ به فرم یک چندجمله‌ای است، حداقل باید از درجه ۳ باشد).
- گزینه انتخابی، الزاماً مبین دینامیک‌های یک سیستم خطی فیزیکی (سخت) یا غیرفیزیکی (نرم) است. بدین منظور تمامی دانشجویان در گزارش خود ملزم به ذکر مرجع معتبر برای سیستم مبنا می‌باشند.^۱

در فاز اول پروژه‌ی درس دانشجویان باید موارد زیر را تمام در گزارش خود ذکر نمایند.

- (۱) **در ابتدا و پس از آنکه سیستم دینامیکی مورد نظر به تایید دستیار آموزشی درس رسید**، مطلوب است به شرح و توصیف سیستم دینامیکی منتخب و اهمیت اهداف کنترلی سیستم پرداخته شود. توجه بفرمایید در این بخش هدف آشنایی با کلیت مسئله است و نیازی به نوشتار معادلات دینامیکی و تحلیل ریاضی نمی‌باشد.
- (۲) در بخش دوبه نگارش معادلات دینامیکی سیستم و توضیح اعضای پایه‌ای، اعم از تعبیر فیزیکی حالات سیستم^۲، ورودی^۳ و خروجی^۴ مورد نظر بپردازید.
- (۳) پس از معرفی سیستم و نگارش معادلات، به محاسبه نقاط تعادل سیستم بپردازید. توجه بفرمایید بسیاری از سیستم‌های غیرخطی دارای چندین نقاط تعادل می‌باشند. محاسبه‌ی تمامی نقاط تعادل در این بخش ضروری است.
- (۴) از میان نقاط تعادل محاسبه شده در بند قبل، مطلوب است نقاط معتبر، از منظر ماهیت فیزیکی و کاربردی انتخاب شوند. در این بخش به شرح مفصل دلایل انتخاب خود در گزارش بپردازید.
- (۵) یک نقطه‌ی تعادل دلخواه را از میان نقاط منتخب در بند چهارم مشخص نمایید، سپس مطابق مفاهیم درس به خطی سازی سیستم حول نقطه تعادل پرداخته و دستگاه دینامیکی خطی سازی شده معادل را گزارش نمایید.
- (۶) پس از خطی سازی سیستم، در صورتی که سیستم شما چند ورودی چند خروجی است بخشی از سیستم را که می‌خواهید کنترل کنید مشخص نمایید و دلیل انتخاب خود در این بخش را شرح دهید. ارائه دلیل علمی و عملی که نشان از شناخت شما از سیستم است با توجه به ماهیت سیستم الزامی است.
- (۷) حال با استفاده از معادلات فضای حالت سیستم خطی مشخص شده، تابع تبدیل سیستم (خروجی به ورودی) را محاسبه نمایید.
- (۸) برا تابع تبدیل حلقه باز محاسبه شده، نمودار مکان ریشه^۵ را رسم نمایید و باتوجه به آن بازه‌ی بهره برای پایداری سیستم را تعیین نمایید.
- (۹) نمودار بد متناظر سیستم را رسم نموده و حاشیه بهره^۶، حاشیه فاز^۷، و پهنای باند^۸ را بیابید.
- (۱۰) مسئله کنترلی را در حوزه زمان، با توجه به شناختی که از سیستم دارید تعریف نمایید. سپس با انتخاب کنترل کننده مناسب به طراحی و پیاده سازی آن بر روی سیستم خطی بپردازید و نتایج شبیه سازی را همراه با تحلیل در گزارش خود ذکر نمایید. **توجه نمایید، در این بخش مجاز به استفاده از ابزارهای آماده^۹ متلب جهت طراحی کنترل کننده نیستید و طراحی کنترل کننده باید بر مبنای مفاهیم مطرح شده در درس به صورت دستی توسط دانشجویان انجام بشود.**
- (۱۱) بند ۸ و ۹ را مجدداً برای سیستم حلقه بسته کنترل شده تکرار نمایید و نتایج حاصل شده را تحلیل نمایید.

² State

³ Input

⁴ Output

⁵ Root Locus

⁶ Gain Margin

⁷ Gain Phase

⁸ Band Width

⁹ Toolbox

- ۱۲) به سیستم خطی حلقه بسته‌ی کنترل شده، یک اغتشاش جمع شونده در خروجی اعمال نمایید و عملکرد کنترل کننده را در حضور اغتشاش بررسی نمایید.
- ۱۳) حال کنترل کننده طراحی شده را بر روی سیستم غیرخطی نیز پیاده سازی نمایید و عملکرد آنرا با سیستم خطی کنترل شده مقایسه نمایید.
- ۱۴) مجدداً بند ۱۲ را برای سیستم غیرخطی نیز تکرار نمایید و نتایج حاصل را تحلیل کنید.

۳ قوانین

- تمامی دانشجویان می‌بایست پس از انتخاب سیستم فیزیکی مورد نظر در بخش ۱ و پیش از انجام بخش خواسته‌ها آن را به تایید دستیار آموزشی ارشد درس، آقای سید فرید موسوی، برسانند و پس از کسب تاییدیه ایشان به ادامه‌ی پروژه بپردازند. بدیهی است که در صورت عدم اخذ تاییدیه، هرگونه عواقب احتمالی اعم از رد کامل فاز ۱ پروژه به دلیل **استاندارد نبودن سیستم انتخابی بر عهده‌ی دانشجو می‌باشد.** جهت تعیین سیستم دینامیکی تمامی دانشجویان **تأیید** **از امتحان ترم** فرصت خواهند داشت.
- دانشجویان جهت مکاتبه با آقای موسوی می‌توانند از آدرس ایمیل: farbodmoosavi@ut.c.ir و یا شناسه‌ی پیام رسان: @farbodmoosavi استفاده نمایند.
- سیستم‌های انتخابی دانشجویان، باید متمایز از یکدیگر باشد. در صورتی که دو دانشجو، یک سیستم را انتخاب کرده باشند، اولویت با دانشجویی است که گزینه خود را زودتر اعلام کرده باشد.
- گزارش تمامی دانشجویان می‌بایست مطابق فرمت استاندارد یک گزارش علمی باشد. بدیهی است که بر این اساس ذکر مراجع علمی در بخش‌های مختلف ضروری است.
- در صورت بروز هرگونه مشابهت در انجام هر بخش از پروژه مطابق قوانین درس و دانشکده اعمال نظر می‌گردد.

پیروز و موفق باشید

ادهمی