

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
دانشکده مهندسی برق - گروه مهندسی کنترل

## درس سیستم‌های کنترل خطی تحقیق دوم: مکان هندسی سیستم‌های با تاخیر

|                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| نام و نام خانوادگی | آنائیس گل بوداغیانس |
| شماره دانشجویی     | ۴۰۱۲۲۱۱۳            |
| تاریخ              | بهمن ماه ۱۴۰۳       |



## فهرست مطالب

|   |                |   |
|---|----------------|---|
| ۱ | مقدمه          | ۵ |
| ۲ | راهکار         | ۵ |
| ۳ | آزمایش با متلب | ۵ |



## فهرست تصاویر

|   |                                   |   |
|---|-----------------------------------|---|
| ۶ | ..... مکان هندسی با تخمین مرتبه ۱ | ۱ |
| ۷ | ..... مکان هندسی با تخمین مرتبه ۲ | ۲ |



## فهرست برنامه‌ها

|   |                           |   |
|---|---------------------------|---|
| ۶ | ..... (MATLAB) Caption My | ۱ |
|---|---------------------------|---|



## ۱ مقدمه

در این درس، یاد گرفتیم که چگونه برای سیستم‌های بدون تاخیر مکان هندسی رسم کنیم. رسم مکان هندسی به تحلیل پایداری سیستم کمک می‌کند. در این تحقیق به نحوه رسم مکان هندسی سیستم‌های با تاخیر می‌پردازیم. اگر در تابع تبدیل سیستم عبارت  $e^{-\tau s}$  را مشاهده کنیم، سیستم دارای تاخیر است.

## ۲ راهکار

هنگامی که عبارت  $e^{-\tau s}$  را دیدیم، کافیت برای رسم آن، عبارت نمایی را به شکل بسط نوشت.

$$e^{-\tau s} = \frac{e^{-\frac{\tau}{2}s}}{e^{\frac{\tau}{2}s}} = \frac{1 - \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{8}s^2 + \dots}{1 + \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{8}s^2 + \dots}$$

اگر فقط به دو جمله در صورت و مخرج بسنده کنیم، تخمین مرتبه اول را خواهیم داشت:

$$e^{-\tau s} = \frac{e^{-\frac{\tau}{2}s}}{e^{\frac{\tau}{2}s}} = \frac{1 - \frac{\tau}{2}s}{1 + \frac{\tau}{2}s}$$

تخمین مرتبه دوم:

$$e^{-\tau s} = \frac{e^{-\frac{\tau}{2}s}}{e^{\frac{\tau}{2}s}} = \frac{1 - \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{8}s^2}{1 + \frac{\tau}{2}s + \frac{\tau^2}{8}s^2}$$

هرچقدر مرتبه تخمین را بالا ببریم، دقت بیشتر می‌شود اما رسم آن نیز دشوارتر می‌شود. پس از این که تخمین زدیم، با روش‌هایی که یاد گرفتیم مکان هندسی را رسم می‌کنیم. این روش‌ها عبارت‌اند از:

- نقاط ابتدایی و انتهایی مکان هندسی ریشه‌ها را پیدا کنیم.

- تعداد شاخه‌ها را بر اساس مرتبه  $\Delta(s)$  بشماریم.

- تقارن بدهیم نسبت به محور حقیقی.

- پیدا کردن مجانب‌ها

- تعیین نقطه روی محور حقیقی و زوج و فرد بودن صفر و قطب در هر سمت

- تعیین نقاط شکست

- تعیین زاویه خروج

- تعیین محل تقاطع مکان هندسی با محور موهومی

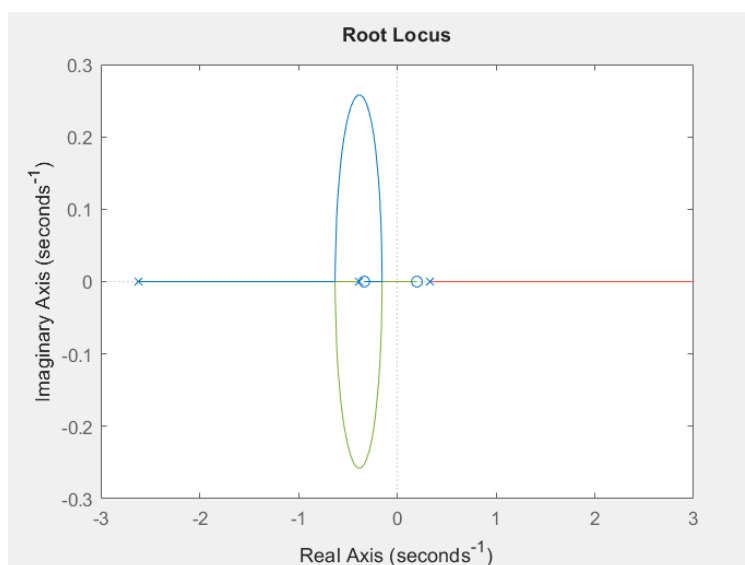
## ۳ آزمایش با متلب

در متلب برای تخمین از تابع pade استفاده می‌کنیم.

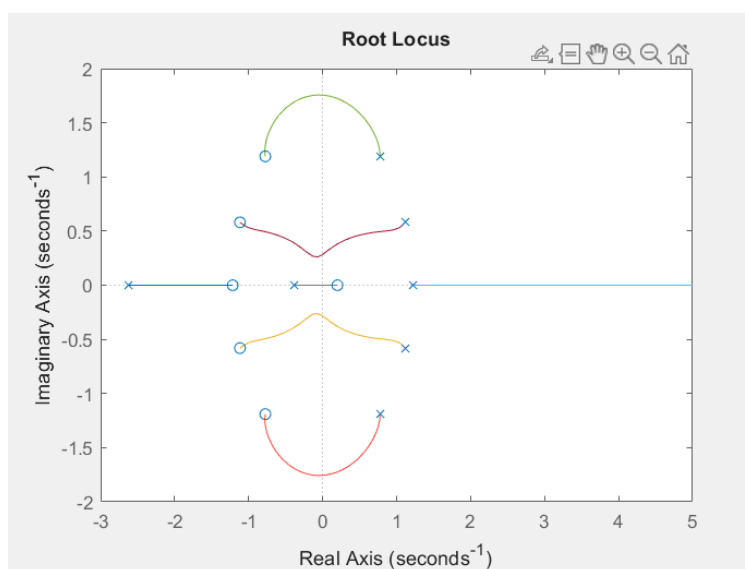


```
1 clc; clear; close all hidden; close all
2 s = tf('s');
3 g = exp(-6*s)*(s^2 + 3*s + 1)/(5*s-1);
4 gx1 = pade(g,1);
5 figure
6 rlocus(gx1);
7 gx5 = pade(g,5);
8 figure
9 rlocus(gx5)
```

Code 1: My Caption (MATLAB)



شکل ۱: مکان هندسی با تخمین مرتبه ۱



شکل ۲: مکان هندسی با تخمین مرتبه ۲