



به نام خداوند جان و خرد

درس ابزار دقیق

گروه کنترل



نیمسال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۲

تمرین سری اول

مدرس: محمدرضا نیبری

## سوال ۱:

این مسئله به ترتیب به بررسی ورودی، اغتشاش لحظه ای و راه حلی برای رفع این مشکل با استفاده از یک کنترل کننده میپردازد. این شبیه سازی میبایست با استفاده از Simulink انجام شود.

الف) فرایندی را با تابع تبدیل  $\frac{1}{s^2 + 2.5s + 1}$  و محرکی با تابع تبدیل  $\frac{1}{s + 1}$  متصور شوید. ورودی پله را به عنوان ورودی با Step Time = 1 و Final Value = 1 به این سیستم دهید و خروجی سیستم و ورودی آن را در یک Scope نمایش دهید. در تنظیمات Simulation حتما Stop Time را برابر 50s قرار دهید.

راهنمایی: Simulink را باز کرده و از قسمت Library Browser بخش Commonly Used Blocks میتوانید بلاک های مهم را به صورت یکجا داشته باشید. فرض کنید از این قسمت بخواهیم فرایندی با تابع تبدیل  $\frac{as+b}{cs^2 + ds + e}$  را پیاده سازی کنیم،

در قسمت سرچ Library Browser عبارت Transfer Fcn را جستجو کرده و به صفحه کار اضافه میکنیم حال تنظیمات آن به صورت مقابل خواهد بود:

Numerator coefficients: [a b]

Denominator coefficients: [c d e]

راهنمایی: برای نشان دادن خروجی سیستم و ورودی آن را در یک Scope میتوانید از یک MUX استفاده کنید.

ب) سیستم بخش "الف" را در نظر بگیرید در این بخش بین محرک و فرایند اغتشاش به سیستم اضافه خواهد شد. یک پله با Step Time = 1 و Final Value = +0.1 به خروجی محرک اضافه کنید و مقدار Sample time آن را برابر با

$10 + \text{Last digit of student number}$  قرار دهید حال همانند بخش قبل خروجی سیستم و ورودی آن را در یک Scope نمایش دهید.

ج) سیستم بخش "ب" را در نظر بگیرید در این بخش طی یک کنترل حلقه بسته با یک کنترل کننده PID سعی کنید اثر اغتشاش را از بین ببرید.

## سوال ۲:

دانشجویی طی یک آزمایش عملی ۲۵ جفت داده به دست آورده است و می خواهد منحنی مشخصه مربوط به داده ها را با استفاده از روش حداقل مربعات به دست آورد. جدول زیر مقادیر مربوط به توابع هزینه این داده ها را نشان می دهد. ۶۸ درصد ابتدایی جدول مربوط به داده های آموزش و ادامه جدول از داده های تست به دست آمده است. اگر بدانیم تابع به دست آمده از نوع چندجمله ای است درجه خانواده مدل منحنی مشخصه چه خواهد بود ؟ توضیح دهید.

n	J
1	99.6
2	99.33
4	98.4
6	97.6
7	97.31
9	96.76
10	96.4
12	95.2
14	94.71
15	93.92
17	93.18
18	93
20	92.64
21	91.62
22	91.49
24	90.84
25	90.6
26	90.4
3	103.25
5	100.61
8	97.49
11	98.4
13	100
16	101.5
19	103
23	106.1

## سوال ۳:

فایل sensor.p رفتار یک سنسور ناشناس را مدل می کند. این فایل دارای دو آرگومان ورودی، یکی ورودی سنسور و دیگری شماره دانشجویی شما است. برای استفاده از این فایل مانند استفاده از یک تابع عادی در متلب عمل می کنیم:

```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

>> ID = 810196023;
>> u = 2;
>> y = sensor(u, ID)

y =

    190.1333

fx >> |

```

الف) به ازای ۱۰۰ ورودی متفاوت دلخواه، خروجی حسگر را بدست آورید و ۸۰ درصد داده ها را به عنوان داده های آموزش و ۲۰ درصد را به عنوان داده های آزمایش در نظر بگیرید.

ب) با استفاده از داده های آموزش و تست و استفاده از الگوریتم حداقل مربعات و با در نظر گرفتن خانواده مدل چند جمله ای به صورت زیر نمودار خطای داده های آموزش ( $e_{train}$ ) بر حسب درجه  $n$  و نمودار خطای داده های آزمایش  $e_{test}$  بر حسب درجه  $n$  را بر روی هم رسم کرده و درجه مناسب  $n$  را تعیین کنید.

$$y = a_0 u^0 + a_1 u^1 + \dots + a_n u^n$$

ج) پس از مشخص شدن  $n$  با استفاده از الگوریتم حداقل مربعات ضرایب  $a_0, a_1, \dots, a_n$  را مشخص کنید.

د) با استفاده از الگوریتم حداقل مربعات بازگشتی و در نظر گرفتن

$$P(0) = 10^\alpha \times I_{n \times n}$$

که در آن  $\alpha$  یک عدد صحیح دلخواه بزرگتر از صفر است و در نظر گرفتن شرایط اولیه به صورت:

$$a_0(0) = a_1(0) = \dots = a_n(0) = 0$$

- نمودار  $a_0(i), a_1(i), \dots, a_n(i)$  را بر حسب  $i = 0, 1, \dots, 99$  رسم کنید. توجه کنید که هر چه مقدار  $i$  بزرگتر می شود مقادیر پارامترها می بایست به مقدار بدست آمده در بخش ج همگرا شوند.
- نمودار  $trace(P(i))$  بر حسب  $i = 0, 1, \dots, 99$  رسم کنید و تحلیل کنید از این نمودار چه نتیجه ای می توان گرفت؟
- به ازای  $\alpha = 1, 100, 10000$  و با استفاده از نمودارهای  $a_0(i), a_1(i), \dots, a_n(i)$  و  $trace(P(i))$  برای هر  $\alpha$  بر روی یکدیگر، تاثیر مقدار  $\alpha$  را بررسی کرده و تحلیل کنید.

سوال ۴:

- سه رقم آخر شماره دانشجویی با  $abc$  نمایش داده خواهد شد.
- مشخصات تابع پله: در لحظه ۵ از مقدار ۱ به ۱۰ تغییر می کند.

- مقدار *set point* برابر با ۱۰۰ است.

- در بخش پ، *Gain* برای کنترلر *Derivative* را ۳ قرار دهید.

لف) در این بخش از سوال می‌خواهیم به کمک *simulink* و با طراحی کنترلر *PI* یک کوره را به دمای مطلوب برسانیم. برای مدل سازی و اندازه گیری دمای کوره به ترتیب می‌توانید از *Temperature source* و *Temperature sensor* استفاده کنید.

(۲-۱) خروجی و سیگنال خطا سیستم را به ازای *KP* و *KI* دلخواه رسم کنید

(۲-۲) با استفاده از کنترلر کننده *PI* به نحوی متغیرهای *KP* و *KI* به صورت تجربی (محاسبات نیازی نیست) تعیین کنید که ثابت زمانی سیستم برابر  $(a+1)*(b+1)*(c+1)$  باشد.

(۲-۳) با اضافه کردن تابع پله که مقدار آن از ۱ به ۵ در زمان ۱۰ ثانیه تغییر میکند به متغیر پردازش شونده (*Process Variable*) اثر بایاس حسگر را نمایش دهید.

ب) در این قسمت به جای استفاده از کوره و دما سنج ایده آل از توابع تبدیل  $\frac{5}{s+9}$  به عنوان محرک و  $\frac{1}{4s^2+5s+2}$  به عنوان کوره (*Process*) استفاده میکنیم. با قرار دادن کنترلر *PI* و با ضرایب مناسب برای *KP* و *KI* و همچنین استفاده از *gain* برابر با  $\frac{4}{s+4}$  برای حسگر دما و اثر اشباع محرک را بررسی کنید.

پ) با اضافه کردن نویز به ورودی سنسور و با حفظ مقادیر بخش (ب)، خروجی پس از کنترلر را هم در حالت *PI* و هم در حالت *PID* گزارش کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید.

#### سوال ۵:

یک حسگر که ورودی آن می‌تواند بین ۲۰۰- تا ۲۰۰+ تغییر کند خروجی آن را بین ۱- تا ۱+ تغییر می‌دهد. بخشی از داده‌های مربوط به این حسگر به صورت فایل *Hys\_Sensor* ذخیره شده است. پارامترهای مربوط به هیستریزیس این حسگر را بر حسب %FS بیان کنید.

#### سوال ۶:

یک وسیله اندازه‌گیری در محیطی با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد کالیبره شده است و خروجی‌های مشاهده شده از آن به ازای ورودی‌های مشخص در جدول زیر ثبت شده‌اند.

79.1	66	52.9	39.8	26.7	13.6	y
30	25	20	15	10	5	x

دستگاه اندازه‌گیری را به محیطی با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد بردیم و به نتایج جدول زیر رسیدیم

89	74.3	59.6	44.9	30.2	15.5	y
30	25	20	15	10	5	x

الف) *Zero Drift* و *Sensitivity Drift* را با استفاده از این داده ها محاسبه کنید. (کمیت های ورودی و خروجی را دلخواه در نظر بگیرید)

ب) با فرض خطی بودن اثر تغییرات محیطی بر حسگر مقدار خروجی حسگر در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و به ازای ورودی ۵۰ را بدست آورید.

**لطفا در ارسال تمرینات به موارد زیر توجه بفرمایید ، در صورت عدم رعایت هر یک از موارد زیر تمرین شما تصحیح نخواهد شد :**

- در صورت دست نویس بودن تمرین ، نوشته ها خوانا باشند و کیفیت اسکن آن ها مناسب باشد.
- پاسخ ها در قالب یک فایل *pdf* جمع و ارسال شوند.
- تمامی فایل ها در قالب یک فایل *zip* جمع و با نام *student\_number.zip* ارسال شوند .
- به تمرین هایی که به صورت مشابه حل شده اند نمره ای تعلق نخواهد گرفت.
- در صورتی که پاسخ سوالی شامل کد های برنامه نویسی و یا فایل های شبیه سازی است فایل های خود را حتما ارسال کنید و گزارش کاملی از آنچه انجام داده اید را در فایل *pdf* پاسخ های خود ارائه کنید.

همواره موفق باشید