



به نام خداوند جان و خرد

درس ابزار دقیق

گروه کنترل



مدرس: محمدرضا نیری

تمرین سری اول

نیمسال دوم 1403-1404

### سوال 1

ورودی و خروجی های سیستمی به صورت زیر استخراج شده است:

X	-1	0	1	2	3
Y	-2	2	4	4	2

یک خانواده مدل چند جمله ای به صورت زیر را در نظر بگیرید که خروجی آن به صورت زیر مدل سازی شده است:

$$y = a_2x^2 + a_1x + a_0$$

که در آن  $x$  ورودی سیستم و  $y$  خروجی سیستم است، و  $a_0, a_1, a_2$  ضرایب ناشناخته هستند.

الف) ضرایب سیستم را با روش حداقل مربعات (LS) به صورت تئوری بدست آورید و با متلب مقادیر بدست آمده را صحت سنجی کنید.

ب) با فرض شرایط اولیه زیر ضرایب را با روش حداقل مربعات بازگشتی (RLS) در متلب بدست آورید.

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

آلفا ( $\alpha$ ) یک عدد صحیح بزرگتر از صفر است.

ج) بخش ب را به ازای  $\alpha = 1, 2, 5$  تکرار کنید و تاثیر مقدار  $\alpha$  را بررسی کنید.

(د) به سوالات زیر جواب بدهید:

1. آیا الگوریتم RLS برای همه مقادیر  $\alpha$  پایدار است؟ اگر نه چه شرایطی باعث ناپایداری میشود؟
2. آیا الگوریتم برای همه مقادیر  $\alpha$  به یک تعداد تکرار نیاز دارد؟ اگر نه، چه عواملی بر سرعت همگرایی تأثیر می‌گذارند؟
3. با فرض اضافه شدن نویز به خروجی مدل به نظر شما کدام مدل در برابر نویز مقاوم تر است؟ توضیح دهید.

## سوال 2

فرض کنید شما مهندس طراحی سنسور در یک شرکت تولید تجهیزات پزشکی هستید. قرار است یک سنسور فشار خون برای یک دستگاه مانیتورینگ طراحی کنید. در آزمایشگاه، سنسور شما در شرایط مختلف مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج زیر به دست آمده است:

- در ده آزمایش متوالی با فشار ثابت 120 میلی متر جیوه، مقادیر ثبت شده توسط سنسور بین 118 تا 122 میلی متر جیوه متغیر بوده است.
- در یک آزمایش جداگانه، همین سنسور توسط تیم دیگری در روز بعد و با دستگاه کالیبراسیون متفاوت تست شده و مقادیر بین 119 تا 127 میلی متر جیوه ثبت شده است.
- مقدار واقعی فشار خون در هر دو آزمایش توسط یک دستگاه مرجع دقیق، 120 میلی متر جیوه تایید شده است.

الف) صحت این سنسور را چگونه ارزیابی میکنید؟ آیا برای کاربرد پزشکی قابل قبول است؟

ب) دقت سنسور در آزمایش اول چقدر است و آیا تفاوتی با آزمایش دوم دارد؟

ج) تکرارپذیری و تکثیرپذیری سنسور را مقایسه کنید و توضیح دهید که کدام یک برای اطمینان از عملکرد پایدار سنسور در محیط بیمارستان مهمتر است؟

د) اگر قرار باشد یکی از این ویژگی‌ها را برای بهبود انتخاب کنید، کدام را انتخاب میکنید و چرا؟ و یک روش برای بهبود آن ارائه دهید.

### سوال 3

در این سوال شما وظیفه تجزیه و تحلیل عملکرد یک سنسور دما را که در یک برنامه صنعتی استفاده می شود را دارید. این سنسور در هنگام افزایش دما و در هنگام کاهش آن، مقادیر متفاوتی در خروجی نشان می دهد. نقاط داده زیر برای دمای ورودی (درجه سانتیگراد) و ولتاژ خروجی سنسور مربوطه (ولت) به شما ارائه شده است:

ولتاژ خروجی در حالت کاهشی (V)	ولتاژ خروجی در حالت افزایشی (V)	دما (°C)
0	0	0
0.1	0.4	10
0.3	0.8	20
0.6	1.3	30
0.9	2.1	40
1.5	2.7	50
2	3.2	60
2.7	3.6	70
3.3	3.8	80
3.8	4	90
4.1	4.1	100

الف) نمودار ولتاژ خروجی بر حسب دما را در متلب برای هر دو حالت کاهشی و افزایشی با هم رسم کنید و رخداد پدیده هیستریزیس را با گزارش پارامترهای آن (ماکسیمم ورودی و خروجی و ارور هیستریزیس در هر دما) بر حسب درصد FS نشان دهید.

ب) با استفاده از دستور cftool در command window متلب بهترین منحنی برازش شده را برای هر دو حالت افزایشی و کاهشی رسم کنید .

ج) zero drift و sensivity drift را برای این سیستم به طوری که دلیل تغییر مسیر کاهشی و افزایشی را به عنوان اغتشاش فرض کنیم، محاسبه کنید .

#### سوال 4

افراد مبتلا به دیابت نوع ۱ باید برای حفظ سطح گلوکز خون خود انسولین تزریق کنند. به طور کلی، رابطه‌ی دینامیکی بین یک داروی تزریق شده و غلظت آن در خون به عنوان فارماکوکینتیک ( $PK$ ) شناخته می‌شود. در برخی مطالعات، رابطه‌ی بین  $u$ ، نرخ تزریق انسولین، و  $y$ ، غلظت انسولین در پلاسما، به صورت یک تابع تبدیل مرتبه دوم مدل‌سازی می‌شود که به شکل زیر است:

$$g_p(s) = \frac{k_p}{(\tau s + 1)^2}$$

که در آن:

$$y(s) = g_p(s)u(s)$$

ورودی انسولین بر حسب  $U/min$  (معمولاً بر حسب  $U/hour$  گزارش می‌شود، اما در این تحلیل از  $U/min$  استفاده خواهیم کرد؛ همچنین  $U$  به معنی واحد بین‌المللی انسولین است)، و خروجی غلظت انسولین در پلاسما بر حسب  $mU/liter$  است.

الف) راه حل تحلیلی برای غلظت انسولین پلاسما،  $y(t)$  ( $mU/L$ )، در پاسخ به یک ورودی ضربه‌ای ( $P = 10 U$ ) از انسولین را بیابید.

ب) با مشتق‌گیری از پاسخ تحلیلی (قسمت الف) نسبت به زمان، زمانی را که غلظت انسولین پلاسما به حداکثر مقدار خود می‌رسد (بر حسب ثابت زمانی  $\tau$ ) محاسبه کنید.

ج) مقدار حداکثر غلظت انسولین پلاسما را به طور تحلیلی بیابید.

د) برای پارامترهای  $k = 50 (mU/L)/U$ ،  $\tau = 30$  دقیقه و تزریق ضربه‌ای انسولین  $P = 10 U$ ، زمان حداکثر غلظت انسولین پلاسما (از قسمت ب) و مقدار حداکثر غلظت انسولین پلاسما (از قسمت ج) را محاسبه کنید. همچنین نمودار  $y(t)$  را رسم کنید؛ فراموش نکنید که محور افقی را با واحد دقیقه و محور عمودی را با واحد  $mU/L$  برچسب‌گذاری کنید.

ه) از Matlab برای شبیه‌سازی تزریق انسولین 10 واحد ( $U$ ) که طی 10 دقیقه انجام می‌شود، استفاده کنید (بنابراین ورودی  $1 U/min$  به مدت 10 دقیقه است) و خروجی را با نتیجه تحلیلی مقایسه کنید (یعنی  $y(t)$  را رسم کرده و با نتیجه مسئله د در همان نمودار مقایسه کنید).

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

- تشابه در حل سوالات به صورت جدی بررسی خواهد شد. در صورت تشخیص تمرین مشابه نمره تقسیم خواهد شد.
- در صورت دست نویسی بودن تمرین ، نوشته ها خوانا باشند و کیفیت اسکن آن ها مناسب باشد.
- پاسخ ها در قالب یک فایل pdf جمع و ارسال شوند. همچنین تمامی کد ها با ذکر اینکه مربوط به کدام سوال هستند در پوشه ای با نام Codes ذخیره شده سپس تمامی فایل ها در قالب یک فایل zip جمع و با نام student\_number.zip ارسال شوند .
- در صورت هر گونه ابهام در سوالات برای هر یک از سوالات به دستیار مربوطه تنها از طریق ایمیل دانشگاهی با موضوع Series#-Q# (که در آن # شماره سری تمرین و سوال مورد نظر است) ایمیل شود.

سوال (1) آقای بیان – [bayan.mahdiyar@ut.ac.ir](mailto:bayan.mahdiyar@ut.ac.ir)

سوال (2) آقای تقوی – [sa.taaghavi@ut.ac.ir](mailto:sa.taaghavi@ut.ac.ir)

سوال (3) خانم صالحی – [sabasalehi@ut.ac.ir](mailto:sabasalehi@ut.ac.ir)

سوال (4) آقای رضایی – [homayoun.rezaei@ut.ac.ir](mailto:homayoun.rezaei@ut.ac.ir)