



به نام خداوند جان و خرد

درس ابزار دقیق

گروه کنترل



مدرس: محمدرضا نیری

تمرین سری دوم

نیمسال دوم ۱۴۰۲-۱۴۰۳

## سوال (۱)

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 میکنیم مانند زیر:

$$Y = \text{sensor}(u, \text{Student ID})$$

که در تابع بالا  $Y$  خروجی و  $u$  ورودی تابع میباشد. هر فرد باید شماره دانشجویی خود را به عنوان آرگومان دوم تابع بدهد.

**الف)** به ازای ۱۰۰ ورودی دلخواه متفاوت، 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 با ذکر دلیل 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 (LS) ضرایب  $a_0, a_1, \dots, a_n$  را مشخص کنید. مراحل به دست آوردن ضرایب را توضیح دهید.

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

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

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

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

۱. 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.)

۲. 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؟

۳. به ازای  $\alpha = 1, 2, 4$  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.

۴. در این بخش می خواهیم اثر نویزی بودن اندازه گیری خروجی سیستم بر تخمین پارامترهای

$a_0, a_1, \dots, a_n$  را بررسی کنیم. برای این منظور، به تعداد داده های بدست آمده، نویز سفید با

میانگین صفر و واریانس ۱ تولید کنید و به صورت زیر با خروجی ابزار جمع کنید :

$$y_n[n] = y[n] + e[n]$$

۱. حال با داشتن داده های ورودی و خروجی (نویزی) و نیز با دانستن درجه چند جمله ای (n) و

مجهول بودن ضرائب، این ضرائب را با استفاده از الگوریتم حداقل مربعات خطا تخمین زده و

مقادیر تخمین زده شده را با مقادیر بدست آمده از قسمت قبل، مقایسه کنید.

۱۱. در این قسمت ضرائب را با استفاده از الگوریتم حداقل مربعات بازگشتی بدست آورید و اثر نویز

را در بدست آوردن ضرائب بررسی کنید. نمودار تغییرات هر یک از پارامترها بر حسب زمان را

به صورت جداگانه رسم کرده و روند همگرایی به مقدار واقعی را بررسی کنید. چه نتیجه ای

میگیرید؟

## سوال ۲)

فرض کنید یک سنسور فشار در اختیار داریم و در حالت ماندگار، اندازه گیری های زیر انجام شده است:

V(mv)	1.0053	1.0058	1.0063	1.0065	1.007	1.0072	1.0075	1.008	1.0087
Cm Hg	10	35	55	58	67	70	75	83	95

V(mv)	1.0095	1.0098	1.01
Cm Hg	120	137	160

قصد داریم داده های این سنسور را توسط یک میکروکنترلر AVR (Atmega16) بخوانیم اما قبل از آن نیاز به طراحی یک مدار بهسازی برای این سنسور داریم.

**الف)** به نظر شما در چه بازه ای (سانتی متر جیوه) بهتر است از این سنسور استفاده کنیم؟ چرا؟ (راهنمایی: داده های جدول را در ۲ بعد رسم کنید)

**ب)** تحقیق کنید که برای این میکروکنترلر چه مقادیری از ولتاژ قابل قبول است. به عبارت دیگر بازه ی مناسبی که در قسمت قبل بدست آوردید بین چه مقادیری از ولتاژ نگاشت شود تا این میکروکنترلر بتواند به راحتی با خواندن آن مقدار ولتاژ، اندازه فشار را بدست بیاورد. ( فشار بین A تا B سانتی متر جیوه به ولتاژ 0 تا x ولت نگاشت شود)

**ج)** با توجه به اندازه کوچک ولتاژ در سنسور، لازم است مدار بهسازی ای که طراحی میکنیم، نسبت به نویز و فرکانس های بالا مقاوم باشد. از بین فرکانس های  $f = [5, 20, 200, 1500] \text{ Hz}$  به نظر شما کدام مورد برای فرکانس قطع مدار بهسازی مناسب تر است؟

**د)** حال یک مدار بهسازی چندطبقه طراحی کنید که تمام موارد قبلی از جمله نگاشت ولتاژ مناسب و حذف سیگنال های ناخواسته با فرکانس بالای  $f$  را داشته باشد. همچنین دقت کنید که بهره ولتاژ هر طبقه بیشتر از ۵۰۰ نگردد. (چرا؟)

### سوال ۳

یک سیستم برای اینکه بتواند اطلاعات خود را به یک سامانه ارسال کند داده ای شامل سیگنالهای زیر پس از طی کردن زمان ۱۰ ثانیه ارسال میکند:

- سیگنال آنالوگ بین ۰ تا ۱۵۰ ولت به عنوان سیگنال حامل
- سیگنال آنالوگ سینوسی با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۱۰۰ هرتز سوار بر سیگنال حامل
- سیگنال آنالوگ سینوسی با دامنه ۳ ولت و فرکانس ۲۵۰ هرتز سوار بر سیگنال حامل
- سیگنال آنالوگ سینوسی با دامنه ۴ ولت و فرکانس ۵۰۰ هرتز سوار بر سیگنال حامل

در طول مسیر روی سیگنال ارسال شده نیز نویز تاثیر میگذارد و سیگنال دریافت شده توسط گیرنده حاوی ۴ سیگنال بالا و نویز است. هدف از این سوال طراحی مدار گیرنده به شکلی است که بتواند ۴ سیگنال بالا را دریافت و پیامها را استخراج کند. برای این منظور مراحل زیر را پیگیری کنید.

۱. در مورد مدولاسیون در سیستم های مخابراتی تحقیق کنید و با توجه به آن لزوم وجود سیگنال حامل را توجیه کنید.

۲. در نرم افزار MATLAB به کمک فایل HW2\_sig.p سیگنال مورد نظر را استخراج کنید. ( برای اینکار باید این فایل را در مسیر برنامه خود قرار دهید و با کد  $y=HW2\_sig(student\ ID)$  سیگنال تولید میشود)

سپس با توجه به طول سیگنال و این موضوع که مربوط به زمان صفر تا ۱۰ ثانیه است، بردار زمان  $t$  را بسازید و سیگنال را بر حسب  $t$  رسم کنید.

۳. به کمک یک فیلتر پایین گذر مرتبه ۱ با ثابت زمانی مناسب، اثر نویز را حذف کنید و خروجی را نمایش دهید. (برای اینکار کافیت که فیلتر را در حوزه لاپلاس پیاده کنید و به کمک دستور  $lsim$  خروجی فیلتر شده را بدست آورید.) در بدست آوردن ثابت زمانی به رابطه زیر توجه کنید:

$$G(s) = \frac{1}{RCs + 1} \rightarrow \omega = 2\pi f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi RC} Hz$$

۴. حال ثابت زمانی های مختلف (متغیر از بزرگ تا کوچک) را امتحان کنید و خروجی بدست آمده از هر کدام را در یک نمودار روی هم رسم کنید. اثر تغییر ثابت زمانی را بر خروجی بررسی و تحلیل کنید.

۵. برای استخراج سیگنال آنالوگ سینوسی با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۱۰۰ هرتز از سیگنال  $Y$  یک فیلتر میان گذر  $G$  با فرکانس های ابتدایی و انتهایی مناسب طراحی کنید و خروجی را گزارش کنید.

۶. حال نمودار بود اندازه  $G$  را رسم کنید ( $bodemag(G)$ ). آیا نتیجه مطلوب است و دامنه ی ۵ ولت را مشاهده میکنید؟ اگر اینطور نیست، به کمک بهره ی مناسب  $K$  تابع تبدیل جدید  $KG$  را تشکیل دهید تا دامنه ۵ ولت گردد. آیا این سیگنال به خوبی جدا شده است؟ تحلیل خود را ارائه دهید.

۷. حال فیلتر  $F = k G^n$  را در نظر بگیرید که  $n$  یک عدد طبیعی است. با تغییر  $n$  و  $k$  و بررسی نمودار بود  $F$  و همچنین پاسخ این فیلتر به سیگنال ورودی، توضیح دهید که آیا میتوان سیگنال سینوسی با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۱۰۰ هرتز را جدا کرد؟ دلیل خود را بیان کنید.

۸. بند های ۵ و ۷ را برای یکی دیگر از سیگنال های سینوسی با دامنه ی ۴ یا ۳ ولت به دلخواه پیاده کنید.

۹. یک مدار گیرنده با مقادیر مشخص خازن و مقاومت ها طراحی و رسم کنید.

۱۰. (امتیازی) به کمک یک فیلتر بالاگذر شدت اثر نویز در استخراج سیگنال های سینوسی توسط فیلترهای میان گذر را بررسی کرده و با شدت نویز در سیگنال اصلی مقایسه و تحلیل 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 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. 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 زده و ایمیل دستیار ارشد را نیز *CC* کنید.

سوال ۱) آقای رزاقی - [navid.razaqi@ut.ac.ir](mailto:navid.razaqi@ut.ac.ir)

سوال ۲ و ۳) خانم شهشهانی - [mahyashahshahani@ut.ac.ir](mailto:mahyashahshahani@ut.ac.ir)

دستیار ارشد : آقای نیکخواه - [nikkhah.bahrami@ut.ac.ir](mailto:nikkhah.bahrami@ut.ac.ir)