

توجه: تحویل تکالیف کامپیوتری به شکل گزارش است. گزارش را می‌توانید با word تهیه کنید. شکل‌های لازم را از Matlab با استفاده از گزینه metafile به فایل word انتقال دهید. در انتهای هر تمرین برنامه آن تمرین را به صورت text به فایل word انتقال دهید و در انتها با فرمت pdf ذخیره و ارسال کنید. گزارشی که مطابق این فرمت نباشد قابل قبول نخواهد بود. در صورت لزوم توضیحات شفاهی نیز از شما خواسته خواهد شد. تمامی محورها و نمودارها را توسط دستورهای xlabel, ylabel و title نام‌گذاری کنید

۱- فرآیند زیر را در نظر بگیرید:

$$x[n] = 10 \cos(0.1\pi n + \alpha_1) + 20 \cos(0.4\pi n + \alpha_2) + 10 \cos(0.8\pi n + \alpha_3) + N[n]$$

در رابطه فوق کسینوسی‌ها دارای فاز تصادفی هستند و $N[n]$ یک نویز گوسی با واریانس ۱ می‌باشد. یک تابع نمونه با طول ۱۰۰۰ از فرآیند فوق تولید کنید.

الف) چگالی طیف توان واقعی این فرآیند را محاسبه کرده و رسم نمایید.

ب) چگالی طیف توان را با روش BT تخمین بزنید و در یک شکل با شکل قسمت الف رسم نمایید.

پ) چگالی طیف توان را با روش پریودوگرام تخمین بزنید و در یک شکل با شکل قسمت الف رسم نمایید.

ت) چگالی طیف توان را با روش Welch برای پنجره‌های ۱۰۰ نمونه‌ای با پوشش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ نمونه تخمین بزنید و در یک شکل با شکل قسمت الف رسم نمایید.

ث) با فرض مدل AR برای فرآیند، مرتبه بهینه مدل را با استفاده از دو روش Levinson-Durbin و AIC پیدا کنید و مقایسه نمایید. سپس ضرایب مدل AR بهینه بدست آمده را با روش‌های موجود در MATLAB تخمین زده و با هم مقایسه کنید. چگالی طیف توان تخمینی روش‌های مختلف را نیز مقایسه کنید.

ج) با فرض مدل MA برای فرآیند، مرتبه بهینه مدل را با استفاده از روش AIC پیدا کنید. سپس ضرایب مدل MA بهینه بدست آمده را با روش‌های موجود در MATLAB تخمین زده و با هم مقایسه کنید. چگالی طیف توان تخمینی روش‌های مختلف را نیز مقایسه کنید.

چ) با فرض مدل ARMA برای فرآیند، مرتبه بهینه مدل را با استفاده از روش AIC پیدا کنید. سپس ضرایب مدل ARMA بهینه بدست آمده را با روش‌های موجود در MATLAB تخمین زده و با هم مقایسه کنید. چگالی طیف توان تخمینی روش‌های مختلف را نیز مقایسه کنید.

ح) برای تابع نمونه فوق با استفاده از روش PHD مقادیر دامنه و فرکانس سینوسی‌ها و واریانس نویز را حساب کنید و با مقادیر واقعی مقایسه کنید.

۲- هدف از این مسئله استفاده از فیلترهای وقتی برای کاهش نویز (یا حذف نویز) و ارزیابی کمی عملکرد آن است. اگر یک سیگنال اولیه تمیز را $s[n]$ نامیده و سپس به آن یک نویز با واریانس σ^2 اضافه کنیم و آن را $x[n]$ بنامیم ($x[n] = s[n] + N[n]$)، آنگاه پس از اعمال یک روش کاهش نویز به سیگنال بازیابی شده $\hat{s}[n]$ می‌رسیم که انتظار داریم تا حد ممکن شبیه سیگنال اول باشد. برای ارزیابی عملکرد روش از معیار بهبود نسبت سیگنال به نویز استفاده می‌کنیم که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$SNR_{improvement} = SNR_{out} - SNR_{in}$$

$$SNR_{in} = 10 \log \frac{\|s[n]\|^2}{\|x[n]\|^2} = 10 \log \frac{\|s[n]\|^2}{\|x[n] - s[n]\|^2}$$

$$SNR_{out} = 10 \log \frac{\|s[n]\|^2}{\|\hat{s}[n] - s[n]\|^2}$$

یک قطعه سیگنال ECG نرمال را به عنوان سیگنال $s[n]$ را در نظر بگیرید.

الف) دو تابع نمونه از یک نویز سینوسی (با دامنه یک سان) و با فرکانس ۵۰ هرتز با فاز تصادفی بسازید. یکی از این توابع نمونه را به عنوان سیگنال مرجع استفاده کنید و دیگری را به سیگنال ECG اضافه کرده و به عنوان Primary استفاده نمایید. سپس با استفاده از یک فیلتر وقتی نویز را حذف کنید.

ب) سیگنال نویزی و سیگنال حذف نویز شده را در یک شکل رسم کرده و به لحاظ کیفی با هم مقایسه کنید. این کار را برای طیف سیگنال‌ها نیز انجام دهید. چه تغییری در طیف‌ها رخ داده است؟

پ) به منظور مقایسه کمی، میزان بهبود سیگنال به نویز را محاسبه کنید. این کار را برای مقادیر مختلف دامنه نویز تکرار کنید و بر اساس آن، نموداری ارائه کنید که میزان بهبود را بر حسب سیگنال به نویز ورودی نشان دهد. حتی‌الامکان سعی کنید با تغییر دامنه نویز، رنج وسیعی از سیگنال به نویز ورودی را پوشش دهید.

ت) اثر تعداد ضرایب فیلتر، ضریب μ و دامنه نویز سینوسی را در پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر معادل بررسی کنید. برای یکی از این حالت‌ها، پاسخ ضربه، پاسخ فرکانسی و آرایش صفر و قطب فیلتر میان‌گذر معرفی شده در درس را رسم کنید.

ث) حساسیت فیلتر وقتی را به تغییرات کوچک فرکانسی سینوسی در طول زمان بررسی کنید.

ج) با افزودن هارمونیک اول به نویزهای سینوسی، عمل حذف نویز را انجام دهید و میزان بهبود سیگنال به نویز را با حالت بدون هارمونیک مقایسه کنید.

چ) حذف نویز را با استفاده از ساختار فیلتر وقتی ANC بدون سیگنال مرجع پیاده‌سازی کنید. این کار را برای چندین مقدار مختلف تأخیر انجام داده و هر بار میزان بهبود سیگنال به نویز را بدست آورید.

۳- در هر یک از موارد زیر مقاله‌ای پیدا کرده و خلاصه‌ای از آن در حد یک پاراگراف کوتاه تهیه کنید.

الف) کاربرد مدل‌های پارامتری در پردازش سیگنال‌های حیاتی (به جز کاربرد تخمین طیف و کاربرد به عنوان ویژگی)

ب) کاربرد روش‌های غیرپارامتری تخمین طیف در پردازش سیگنال‌های حیاتی (به جز کاربرد به عنوان ویژگی)

پ) کاربرد روش‌های پارامتری تخمین طیف در پردازش سیگنال‌های حیاتی (به جز کاربرد به عنوان ویژگی)

ت) کاربرد فیلترهای وقتی در پردازش سیگنال‌های حیاتی

تاریخ تحویل: ۱۴۰۳/۴/۶

توجه: تحویل تکلیف کامپیوتری به شکل گزارش است. گزارش را می‌توانید با word تهیه کنید. شکل‌های لازم را از Matlab با استفاده از گزینه metafile به فایل word انتقال دهید. در انتهای هر تمرین برنامه آن تمرین را به صورت text به فایل word انتقال دهید و در انتها با فرمت pdf ذخیره و ارسال کنید. گزارشی که مطابق این فرمت نباشد قابل قبول نخواهد بود. در صورت لزوم توضیحات شفاهی نیز از شما خواسته خواهد شد. تمامی محورها و نمودارها را توسط دستورهای xlabel, ylabel و title نام‌گذاری کنید

۱- برای مثال مطرح شده در بحث فیلتر کالمن (مثال ۲ صفحه ۱۲) فرض کنید مقادیر $a, b, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_v$ به عنوان ورودی برنامه از کاربر خواسته می‌شوند.

الف) سه تابع نمونه نویز سفید گوسی مستقل از هم برای $U_1[n], U_2[n], V[n]$ تولید کرده و سپس یک تابع نمونه از خروجی را ساخته و با استفاده از فیلتر کالمن متغیرهای حالت سیستم را تخمین بزنید.

ب) قسمت الف را بدون فرض گوسی بودن سه نویز سفید حل کنید.

پ) قسمت الف را با فرض یک نوع همبستگی بین دو نویز سفید $U_1[n], U_2[n]$ حل کنید.

ت) در قسمت‌های فوق مسئله را یک بار با شرایط اولیه محاسبه شده در درس حل کنید و یک بار با شرایط اولیه تصادفی.

ث) در هر حالت تابع زمانی متغیرهای حالت تخمین زده شده و مقادیر واقعی آن‌ها را در یک شکل رسم کرده و معیاری برای مقایسه مقادیر واقعی متغیرهای حالت و مقادیر تخمین زده شده آن‌ها محاسبه کنید.

۴- هدف از این تمرین، استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی برای طبقه‌بندی دو رده از سیگنال‌های ECG می‌باشد. بدین منظور، ۲۰ نمونه سیگنال ECG طبیعی (ECG1 تا ECG20) و ۲۰ نمونه سیگنال ECG با ریتم غیرطبیعی ضربان‌های زودرس بطنی (ECG21 تا ECG40) را به عنوان داده‌های آموزش در نظر بگیرید. همچنین ۲۰ نمونه سیگنال ECG طبیعی (ECG41 تا ECG60) و ۲۰ نمونه سیگنال ECG با ریتم غیرطبیعی ضربان‌های زودرس بطنی (ECG61 تا ECG80) را به عنوان داده‌های آزمون در نظر بگیرید.

الف) برای هر سیگنال از داده‌های آموزش، مقدار میانگین (m) را بدست آورده و بر اساس آن، ۳ ویژگی به شرح زیر استخراج نمایید:

- نسبت میانگین نمونه‌هایی از سیگنال که کوچکتر از m می‌باشند به مقدار مینیمم سیگنال.

- نسبت میانگین به واریانس نمونه‌هایی از سیگنال که کوچکتر از m می‌باشند.

- نسبت d/D که در آن، d اختلاف میانگین نمونه‌هایی از سیگنال که بزرگتر از m می‌باشند و نمونه‌هایی از سیگنال که کوچکتر

از m می‌باشند بوده و D اختلاف مقادیر ماکسیمم و مینیمم سیگنال است.

ب) با استفاده از داده‌های آموزش و با فرض این که هر دو کلاس سیگنال‌ها دارای احتمال مساوی بوده و بردارهای ویژگی هر یک دارای توزیع توأم گوسی باشند، معادله مرز تصمیم گیری بیز را محاسبه کرده و آن را بر روی فضای ویژگی سه بعدی (شامل نقاط مربوط به بردار ویژگی ۴۰ سیگنال) رسم کنید.

پ) در قسمت ب بر اساس معیار مینیمم کردن آنتروپی، بعد فضا را به ۲ کاهش داده و مرز تصمیم گیری جدید را بدست آورید. همچنین مرز را بر روی فضای ویژگی دو بعدی بدست آمده نشان دهید. آیا کلاس‌ها در این حالت، جدائی پذیرند؟

ت) در قسمت ب با استفاده از تابع تفکیک خطی فیشر، بعد فضا را به یک کاهش داده و مرز تصمیم گیری جدید را بدست آورید. همچنین مرز را بر روی فضای ویژگی دو بعدی بدست آمده نشان دهید. آیا در این حالت، کلاس‌ها جدائی پذیرند؟

ث) برای هر سیگنال از داده‌های آزمون، بردار ویژگی را بدست آورده و آن را با هر یک از حالت‌های ب، پ، ت، یک‌بار با فاصله اقلیدسی، یک‌بار با فاصله Mahalanobis و یک‌بار با طبقه‌بندی کننده بیز با ماتریس کواریانس متفاوت برای دو کلاس، طبقه‌بندی کنید و سپس درصد طبقه‌بندی را محاسبه کنید.

ج) قسمت‌های مختلف مسئله را برای ۳ ویژگی دلخواه دیگر تکرار کنید.

۳- الف) برای سیگنال $x[n] = \{(0.8)^n u[n] - 0.5 * (0.8)^{n-1} u[n-1]\}$ کپستروم مختلط را با استفاده از دستور MATLAB، محاسبه با فرمول بازگشتی و استفاده از DFT محاسبه و رسم کنید. نتایج را با هم مقایسه کنید.

ب) سیگنال زمانی و کپستروم حقیقی و مختلط یک ضربان از سیگنال ECG برای یک فرد سالم و ۲ نفر دارای ۲ نوع نارسایی قلبی مختلف را رسم کنید و بر پایه آن امکان تشخیص و جداسازی افراد بیمار از سالم از روی سیگنال ECG درحوزه کپستروم را بررسی کنید.

۴- در هر یک از موارد زیر مقاله‌ای مرتبط با یکی از سیگنال‌های حیاتی از یکی از مجلات معتبر در سال ۲۰۲۳ یا ۲۰۲۴ پیدا کرده و خلاصه‌ای از آن در حد یک پاراگراف کوتاه تهیه کنید. انتظار می‌رود زمان جستجو و مطالعه کلی برای هر مقاله حداکثر ۲ ساعت باشد. لازم بذکر است که انتظار نمی‌رود وظیفه جستجو و یا خواندن و تهیه خلاصه را به ابزارهای مدرن دنیای دیجیتال محول کرد:

الف) کاربرد سری‌های زمانی و مدل‌های پارامتری (کاربردی به جز استخراج ویژگی و طبقه‌بندی)

ب) کاربرد روش‌های تخمین طیف (کاربردی به جز استخراج ویژگی و طبقه‌بندی)

پ) کاربرد فیلتر واقعی

ت) کاربرد فیلتر کالمن یا فیلتر کالمن تعمیم یافته

ث) کاربرد طبقه‌بندی

ج) کاربرد آنالیز کپستروم (کاربردی به جز استخراج ویژگی و طبقه‌بندی))

چ) کاربرد مدل مخفی مارکوف