



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

سیگنال ها و سیستم ها دکتر بهروزی

نیم سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۲

لیست پروژه های درس

- نحوه ی تحویل در CW :
گزارش پروژه خود را در قالب یک فایل pdf. تحویل دهید. در گزارش لازم است تمامی خروجیها و نتایج نهایی، پرسشهای متن پروژه، و توضیح جامعی از فرآیند حل مسأله خود در هر قسمت را ذکر کنید. گزارش پروژه باید به زبان فارسی باشد.
کد کامل پروژه را در قالب یک فایل m. تحویل دهید. لازم است بخش های مختلف پروژه در section های مختلف تفکیک شوند و کد تحویلی منظم و دارای کامنتگذاری مناسب باشد. بدیهی است آپلود کردن کدی که به درستی اجرا نشود، به منزله ی فاقد اعتبار بودن نتایج گزارش شده نیز می باشد.
توابعی را که (در صورت لزوم) نوشته اید، حتما در فایل تحویلی ضمیمه کنید.
مجموعه ی تمامی فایلها (گزارش، کد، و خروجی های دیگر در صورت لزوم) را در قالب یک فایل zip/.rar. ذخیره کرده و از طریق سامانه CW تحویل دهید. توجه کنید که در صورتی که در کد نیاز به load کردن فایلی دارید، آن را نیز حتما در فایل زیپ نهایی قرار دهید.
پس از ارائه نهایی پروژه ها، فایل ارائه خود را نیز در سامانه CW بارگذاری نمایید. با عرض پوزش به خاطر تذکر این نکته اما در صورت مشاهده هرگونه شباهت در کدها و گزارش، نمره پروژه صفر خواهد شد. در واقع شباهت کدها توسط نرم افزار چک می شود. بنابراین خواهشمند است به هیچ وجه از روی گزارش یا کد گروه های دیگر کپی نکنید. در صورت همفکری یا استفاده از منابعی به جز منابع ذکر شده در پروژه حتما نام منبع و گروهی که با آن همفکری کرده اید را در گزارش خود بیاورید.
نامگذاری فایل های تحویلی را به صورت PSS_StudentNumber_FullName.pdf/.m/.zip/.rar انجام دهید.
- معیار نمره دهی:
ساختار مرتب و حرفه ای گزارش
استفاده از توابع و الگوریتم های مناسب
پاسخ به سؤالات تئوری و توضیح روشهای مطلوب سوال
کد و گزارش خروجی کد برای خواسته های مسأله
ارائه نهایی منسجم و رعایت نکاتی که برای ارائه مناسب لازم است
- پروژه ها در ۶ گروه ۳ نفره و ۶ گروه ۲ نفره تنظیم شده اند. که در بالای هر پروژه تعداد نفرات آن مشخص شده اند.
- برای انجام پروژه ها به مطالعه و تحقیق نیاز خواهید داشت. پس انجام آن را به روزهای آخر موکول نکنید.
- اگر در صورت پروژه گفته شده تصویر یا دیتاستی در اختیار شما قرار داده میشود و لینکی برای دانلود آنها وجود ندارد و یا در پیدا کردن مناسب آنها به مشکل خوردید، به Ehsanshou1378@gmail.com ایمیل بزنید.
- در صورتی که در متن پروژه استفاده از روش یا تابعی خاص منع نشده باشد مجاز هستید از هر روشی استفاده کنید اما دقت کنید که باید به تمامی مراحل تسلط کامل داشته باشید.
- دقت کنید که کدهای شما debug نخواهد شد.
- نمودارها باید دارای عناوین مشخص باشند.
- کد های خود را در گزارش کار نیاورید و از publish کردن و livescript بهره یزید.

- کدهای section های مختلف را به وسیله % از هم جدا کنید
- سوالات خود را میتوانید ترجیحا از آیدی تلگرامی @eh_shou99 یا آدرس ایمیل Ehsanshou1378@gmail.com بپرسید.
- یکی از اعضای هر گروه باید نام اعضای گروه و شماره دانشجویی آن ها را در این **داک** حداکثر تا روز سه شنبه ۱۹ اردیبهشت پرکند و اگر موفق به گروه بندی نشده اید حتما تا این تاریخ به دستیار پروژه اطلاع دهید. عدم اطلاع رسانی از وضعیت گروه بندی خود به منزله انصراف از انجام پروژه می باشد و بنابراین موجب صفر شدن نمره پروژه خواهد شد.
- در هنگام وارد کردن لیست گروه در داک فوق الذکر حتما به شماره پروژه ای که انتخاب می کنید دقت داشته باشید.

۱ پروژه شماره ۱ : جهت یابی منابع رادیویی با الگوریتم MUSIC (گروه ۳ نفره)

۱.۱ مقدمه

یکی از کاربردهای پردازش آماری سیگنال ها تخمین زاویه ورود سیگنال های دریافتی توسط گیرنده می باشد. از طرفی برای تخمین زاویه ورود سیگنال (Direction Of Arrival (DOA estimation) عملا آنتن گیرنده باید بیش از یک المان داشته باشد. از این رو توصیه می شود ابتدا نحوه پردازش سیگنال های آرایه ای را نیز مطالعه کنید. در روش های مبتنی بر زیرفضای نویز و سیگنال در ابتدا ماتریس کوواریانس بردار دریافتی تخمین زده شده و با تجزیه EVD این ماتریس، زیر فضای نویز و سیگنال از هم تفکیک می شوند. روش MUSIC نیز یکی از روش های مبتنی بر زیر فضا می باشد. به طور کلی در روش های مبتنی بر زیر فضا پس از یافتن زیر فضای نویز و سیگنال از تعامد بین این دو زیر فضا استفاده شده و پارامترهایی مثل تعداد منابع و زاویه ورود تخمین زده می شود.

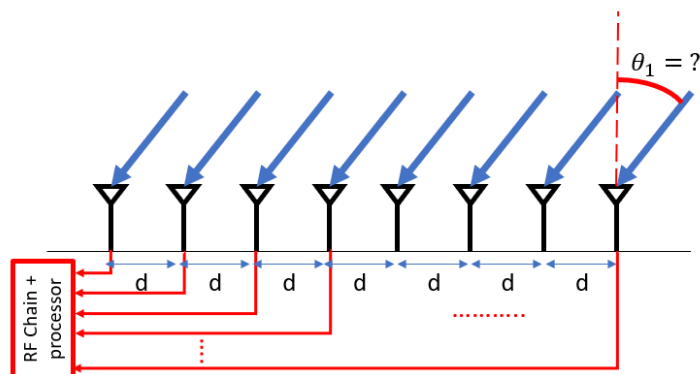
۲.۱ توضیح

در تمام پروژه های مربوط به جهت یابی و Source Enumeration فرض بر این است که المان های آنتن گیرنده به شکل آرایه یکنواخت خطی می باشند. (ULA) از طرفی سیگنال هایی که قرار است جهت یا تعداد آن ها تخمین زده شود، سیگنال RF می باشند. دیتاستی که در این پروژه در اختیار شما قرار داده می شود یک ماتریس $N \times T$ می باشد که در آن N تعداد المان های آنتن گیرنده و T تعداد سمپل های زمانی (snapshot) است که از سیگنال دریافتی در اختیار داریم. از طرفی فرض کنید که داده ای که در اختیار شما قرار داده می شوند سیگنالی است که پس از دریافت به باند پایه منتقل شده است. فاصله بین المان های آنتن گیرنده را برابر $d = \frac{\lambda}{4}$ در نظر بگیرید که در آن λ طول موج سیگنال حامل می باشد. فرکانس سیگنال حامل را نیز برابر $f_c = 20\text{MHz}$ در نظر بگیرید.

۳.۱ خواسته ها

- تعریف بردار هادی (steering vector) را شرح دهید و ارتباط آن با زیر فضای سیگنال و نویز را توضیح دهید.
- روش MUSIC (Multiple Signal Classification) و نحوه استخراج روابط آن را شرح دهید.
- ابتدا روش های جهت یابی passive و active و تفاوت بین آن ها را شرح داده و سپس تعیین کنید الگوریتم MUSIC جزو کدام یک از این روش ها می باشد.
- برای استفاده از روش MUSIC، پهنای باند سیگنال باید چه ویژگی هایی داشته باشد؟ (همراه با بیان علت)
- آیا روش MUSIC قادر به جهت یابی منابعی که از لحاظ شکل سیگنال به هم شباهت دارند، (coherent signals) می باشد؟ چرا؟ اگر جواب منفی است، یک روش برای حل این مسئله بیان کنید.
- حداکثر تعداد سورهاهایی را که می توان به روش MUSIC جهت یابی کرد (با داشتن آنتن گیرنده N المانی)، تعیین کنید. (با ذکر دلیل)
- آیا می توان برای آرایش غیریکنواخت المان ها (مثلا دایروی) از روش MUSIC استفاده کرد؟ چرا؟
- مزایا و معایب روش جهت یابی MUSIC را به طور کلی شرح دهید. و روش هایی که برای برطرف سازی این معایب ابداع شده را نیز به طور مختصر شرح دهید.

- الگوریتم MUSIC را در متلب شبیه سازی کنید و سپس با فرض اینکه سیگنال دریافتی ناشی از دو منبع می باشد، زوایای دیتاستی (سیگنال دریافتی) را که در اختیار شما قرار می گیرد، استخراج کنید. (توجه کنید زوایایی که استخراج می کنید با توجه به ساختار خطی المان های آنتن گیرنده، بین -90° تا 90° درجه می باشد. یعنی زاویه بین جهت ورود سیگنال و بردار نرمال آنتن را گزارش کنید. بردار نرمال آنتن بردار عمود بر خط وصل کننده المان های آنتن می باشد. (شکل ۱)



شکل ۱: آرایه خطی یکنواخت

۴.۱ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] DOA estimation

[۲] منبع مفید برای آشنایی با جبر خطی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

[۳] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

[۴] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

۲ پروژه شماره ۲: جهت یابی منابع رادیویی با الگوریتم Root MUSIC (گروه ۳ نفره)

۱.۲ مقدمه

یکی از کاربردهای پردازش آماری سیگنال ها تخمین زاویه ورود سیگنال های دریافتی توسط گیرنده می باشد. از طرفی برای تخمین زاویه ورود سیگنال (Direction Of Arrival (DOA estimation) عملاً آنتن گیرنده باید بیش از یک المان داشته باشد. از این رو توصیه می شود ابتدا نحوه پردازش سیگنال های آرایه ای را نیز مطالعه کنید. در روش های مبتنی بر زیرفضای نویز و سیگنال در ابتدا ماتریس کواریانس بردار دریافتی تخمین زده شده و با تجزیه EVD این ماتریس، زیر فضای نویز و سیگنال از هم تفکیک می شوند. روش Root MUSIC نیز یکی از روش های مبتنی بر زیر فضا می باشد. به طور کلی در روش های مبتنی بر زیر فضا پس از یافتن زیر فضای نویز و سیگنال از تعامد بین این دو زیر فضا استفاده شده و پارامترهایی مثل تعداد منابع و زاویه ورود تخمین زده می شود.

۲.۲ توضیح

در تمام پروژه های مربوط به جهت یابی و Source Enumeration فرض بر این است که المان های آنتن گیرنده به شکل آرایه یکنواخت خطی می باشند. (ULA) از طرفی سیگنال هایی که قرار است جهت یا تعداد آن ها تخمین زده شود، سیگنال RF می باشند. دیتاستی که در این پروژه در اختیار شما قرار داده می شود یک ماتریس $N \times T$ می باشد که در آن N تعداد المان های آنتن گیرنده و T تعداد سمپل های زمانی (snapshot) است که از سیگنال دریافتی در اختیار داریم. از طرفی فرض کنید که داده ای که در اختیار شما قرار داده می شوند سیگنالی است که پس از دریافت به باند پایه منتقل شده است. فاصله بین المان های آنتن گیرنده را برابر $d = \frac{\lambda}{4}$ در نظر بگیرید که در آن λ طول موج سیگنال حامل می باشد. فرکانس سیگنال حامل را نیز برابر $f_c = 20\text{ MHz}$ در نظر بگیرید.

۳.۲ خواسته ها

- تعریف بردار هادی (steering vector) را شرح دهید و ارتباط آن با زیر فضای سیگنال و نویز را توضیح دهید.
- روش Root MUSIC (Root Multiple Signal Classification) و نحوه استخراج روابط آن را شرح دهید.
- ابتدا روش های جهت یابی passive و active و تفاوت بین آن ها را شرح داده و سپس تعیین کنید الگوریتم Root MUSIC جزو کدام یک از این روش ها می باشد.
- برای استفاده از روش Root MUSIC، پهنای باند سیگنال باید چه ویژگی هایی داشته باشد؟ (همراه با بیان علت)
- آیا روش Root MUSIC قادر به جهت یابی منابعی که از لحاظ شکل سیگنال به هم شباهت دارند، (coherent signals) می باشد؟ چرا؟ اگر جواب منفی است، یک روش برای حل این مسئله بیان کنید.
- حداکثر تعداد سورس هایی را که می توان به روش Root MUSIC جهت یابی کرد (با داشتن آنتن گیرنده N المانی)، تعیین کنید. (با ذکر دلیل)
- آیا می توان برای آرایش غیریکنواخت المان ها (مثلا دایروی) از روش Root MUSIC استفاده کرد؟ چرا؟
- مزایا و معایب روش جهت یابی Root MUSIC را به طور کلی شرح دهید. و روش هایی که برای برطرف سازی این معایب ابداع شده را نیز به طور مختصر شرح دهید. هم چنین توضیح دهید این روش کدام یک از ضعف های روش MUSIC معمولی را برطرف می کند.
- الگوریتم Root MUSIC را در متلب شبیه سازی کنید و سپس با فرض اینکه سیگنال دریافتی ناشی از دو منبع رادیویی می باشد، زوایای دیتاستی (سیگنال دریافتی) را که در اختیار شما قرار می گیرد، استخراج کنید. (توجه کنید زوایایی که استخراج می کنید با توجه به ساختار خطی المان های آنتن گیرنده، بین ۹۰- تا ۹۰+ درجه می باشد. یعنی زاویه بین جهت ورود سیگنال و بردار نرمال آنتن را گزارش کنید. بردار نرمال آنتن بردار عمود بر خط وصل کننده المان های آنتن می باشد. (شکل ۱)

۴.۲ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] DOA estimation

[۲] منبع مفید برای آشنایی با جبر خطی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

[۳] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

[۴] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

۳ پروژه شماره ۳ : جهت یابی منابع رادیویی با الگوریتم ESPRIT (گروه ۳ نفره)

۱.۳ مقدمه

یکی از کاربردهای پردازش آماری سیگنال ها تخمین زاویه ورود سیگنال های دریافتی توسط گیرنده می باشد. از طرفی برای تخمین زاویه ورود سیگنال (Direction Of Arrival (DOA estimation) عملاً آنتن گیرنده باید بیش از یک المان داشته باشد. از این رو توصیه می شود ابتدا نحوه پردازش سیگنال های آرایه ای را نیز مطالعه کنید. در روش های مبتنی بر زیرفضای نویز و سیگنال در ابتدا ماتریس کواریانس بردار دریافتی تخمین زده شده و با تجزیه EVD این ماتریس، زیر فضای نویز و سیگنال از هم تفکیک می شوند. روش ESPRIT نیز یکی از روش های مبتنی بر زیر فضا می باشد. به طور کلی در روش های مبتنی بر زیر فضا پس از یافتن زیر فضای نویز و سیگنال از تعامد بین این دو زیر فضا استفاده شده و پارامترهایی مثل تعداد منابع و زاویه ورود تخمین زده می شود.

۲.۳ توضیح

در تمام پروژه های مربوط به جهت یابی و Source Enumeration فرض بر این است که المان های آنتن گیرنده به شکل آرایه یکنواخت خطی می باشند. (ULA) از طرفی سیگنال هایی که قرار است جهت یا تعداد آن ها تخمین زده شود، سیگنال RF می باشند. دیتاستی که در این پروژه در اختیار شما قرار داده می شود یک ماتریس $N \times T$ می باشد که در آن N تعداد المان های آنتن گیرنده و T تعداد سمپل های زمانی (snapshot) است که از سیگنال دریافتی در اختیار داریم. از طرفی فرض کنید که داده ای که در اختیار شما قرار داده می شوند سیگنالی است که پس از دریافت به

باند پایه منتقل شده است. فاصله بین المان های آنتن گیرنده را برابر $d = \frac{\lambda}{4}$ در نظر بگیرید که در آن λ طول موج سیگنال حامل می باشد. فرکانس سیگنال حامل را نیز برابر $f_c = 20\text{ MHz}$ در نظر بگیرید.

۳.۳ خواسته ها

- تعریف بردار هادی (steering vector) را شرح دهید و ارتباط آن با زیر فضای سیگنال و نویز را توضیح دهید.
- در مورد تخمین حداقل مربعات یا Least Squares (LS) و هم چنین تخمین Total Least Squares مطالعه کنید. نحوه به دست آوردن فرمول های متناظر با هر یک از این تخمین ها را توضیح دهید و تفاوت و کاربرد هر دو تخمین را بررسی کنید. کدام یک از این تخمین ها برای استفاده در الگوریتم ESPRIT مناسب تر است؟ چرا؟
- روش ESPRIT (Estimation of Signal Parameters using Rotational Invariance Techniques) و نحوه استخراج روابط آن را شرح دهید.
- ابتدا روش های جهت یابی passive و active و تفاوت بین آن ها را شرح داده و سپس تعیین کنید الگوریتم ESPRIT جزو کدام یک از این روش ها می باشد.
- برای استفاده از روش ESPRIT، پهنای باند سیگنال باید چه ویژگی هایی داشته باشد؟ (همراه با بیان علت)
- آیا روش ESPRIT قادر به جهت یابی منابعی که از لحاظ شکل سیگنال به هم شباهت دارند، (coherent signals) می باشد؟ چرا؟ اگر جواب منفی است، یک روش برای حل این مسئله بیان کنید.
- حداکثر تعداد سورها هایی را که می توان به روش ESPRIT جهت یابی کرد (با داشتن آنتن گیرنده N المانی)، تعیین کنید. (با ذکر دلیل)
- آیا می توان برای آرایش گیرکنوخت المان ها (مثلا دایروی) از روش ESPRIT استفاده کرد؟ چرا؟ (هندسه المان های آنتن باید به چه شکل باشد تا بتوان از این روش استفاده کرد)
- مزایا و معایب روش جهت یابی ESPRIT را به طور کلی شرح دهید. و روش هایی که برای برطرف سازی این معایب ابداع شده را نیز به طور مختصر شرح دهید.
- الگوریتم ESPRIT را در متلب شبیه سازی کنید و سپس با فرض اینکه سیگنال دریافتی ناشی از دو منبع رادیویی می باشد، زوایای دیتاستی (سیگنال دریافتی) را که در اختیار شما قرار می گیرد، استخراج کنید. (توجه کنید زوایایی که استخراج می کنید با توجه به ساختار خطی المان های آنتن گیرنده، بین -90° تا 90° درجه می باشد. یعنی زاویه بین جهت ورود سیگنال و بردار نرمال آنتن را گزارش کنید. بردار نرمال آنتن بردار عمود بر خط وصل کننده المان های آنتن می باشد. (شکل ۱)

۴.۳ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] DOA estimation

[۲] Total Least Squares

[۳] منبع مفید برای آشنایی با جبر خطی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

[۴] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

[۵] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

۴ پروژه شماره ۴: جهت یابی منابع رادیویی با الگوریتم Matrix Pencil (گروه ۳ نفره)

۱.۴ مقدمه

یکی از روش های معروف و غیر آماری برای تخمین زاویه ورود سیگنال (Direction Of Arrival (DOA) estimation) روش Matrix Pencil می باشد. برای آشنایی با روش های آماری می توانید از گروه هایی که پروژه ۱ تا ۳ را اخذ کرده اند و یا بخش منابع پروژه آن ها کمک بگیرید. در روش های غیر آماری با آمارگان سیگنال دریافتی (کواریانس و میانگین) کاری نداریم و به طور مستقیم از خود داده هایی که توسط المان آنتن دریافت شده اند (سیگنال دریافتی) استفاده می کنیم. مزیت این روش عدم نیاز به داده های نسبتا زیاد برای تخمین کمیت های آماری می باشد. و همان طور

که خواهید دید با داده های تنها یک سمپل زمانی (snapshot) می توانید زاویه ورود را تخمین بزنید. توجه کنید برای تخمین زاویه ورود عملاً آنتن گیرنده باید بیش از یک المان داشته باشد. از این رو توصیه می شود ابتدا نحوه پردازش سیگنال های آرایه ای را نیز مطالعه کنید. علی رغم اینکه این الگوریتم هزینه محاسباتی کمتری نسبت به روش های دیگر دارد و حتی نسبت به تغییرات کانال مخابراتی در طول زمان robust می باشد، معایب قابل توجهی نیز نسبت به روش های شناخته شده آماری برای تخمین سیگنال دارد.

۲.۴ توضیح

در تمام پروژه های مربوط به جهت یابی و Source Enumeration فرض بر این است که المان های آنتن گیرنده به شکل آرایه یکنواخت خطی می باشند. (ULA) از طرفی سیگنال هایی که قرار است جهت یا تعداد آن ها تخمین زده شود، سیگنال RF می باشند. دیتاستی که در این پروژه در اختیار شما قرار داده می شود یک ماتریس $N \times T$ می باشد که در آن N تعداد المان های آنتن گیرنده و T تعداد سمپل های زمانی (snapshot) است که از سیگنال دریافتی در اختیار داریم. از طرفی فرض کنید که داده ای که در اختیار شما قرار داده می شوند سیگنالی است که پس از دریافت به باند پایه منتقل شده است. فاصله بین المان های آنتن گیرنده را برابر $d = \frac{\lambda}{4}$ در نظر بگیرید که در آن λ طول موج سیگنال حامل می باشد. فرکانس سیگنال حامل را نیز برابر $f_c = 20 MHz$ در نظر بگیرید.

۳.۴ خواسته ها

- تعریف بردار هادی (steering vector) را شرح دهید و ارتباط آن با زیر فضای سیگنال و نویز را توضیح دهید.
- در مورد تخمین حداقل مربعات یا Least Squares (LS) و هم چنین تخمین Total Least Squares مطالعه کنید. نحوه به دست آوردن فرمول های متناظر با هر یک از این تخمین ها را توضیح دهید و تفاوت و کاربرد هر دو تخمین را بررسی کنید. کدام یک از این تخمین ها برای استفاده در الگوریتم Matrix Pencil مناسب تر است؟ چرا؟
- روش Matrix Pencil و نحوه استخراج روابط آن را شرح دهید.
- ابتدا روش های جهت یابی passive و active و تفاوت بین آن ها را شرح داده و سپس تعیین کنید الگوریتم Matrix Pencil جزو کدام یک از این روش ها می باشد.
- آیا برای جهت یابی به روش Matrix Pencil لازم است تا سیگنال ارسالی توسط فرستنده را نیز در اختیار داشته باشیم؟ یا اینکه فقط اطلاع از سیگنال دریافتی کافی است؟ به عبارت دقیق تر آیا الگوریتم Matrix Pencil یک روش جهت یابی cooperative (coherent) می باشد یا یک روش non-cooperative (non-coherent)؟ در صورت نیاز به داده های سیگنال ارسالی فرستنده، با آوردن استدلال علمی، می توانید این داده ها را از دستیار پروژه تحویل بگیرید.
- آیا در روش های آماری بررسی شده در مرجع شماره [۱] این پروژه، دانستن سیگنال ارسالی لازم است؟
- برای استفاده از روش Matrix Pencil، پهنای باند سیگنال باید چه ویژگی هایی داشته باشد؟ (همراه با بیان علت)
- آیا روش Matrix Pencil قادر به جهت یابی منابعی که از لحاظ شکل سیگنال به هم شباهت دارند، (coherent signals) می باشد؟ چرا؟ اگر جواب منفی است، یک روش برای حل این مسئله بیان کنید.
- حداکثر تعداد سورهاهایی که می توان به روش Matrix Pencil جهت یابی کرد (با داشتن آنتن گیرنده N المانی)، تعیین کنید. (با ذکر دلیل)
- آیا می توان برای آرایش غیریکنواخت المان ها (مثلاً دایروی) از روش Matrix Pencil استفاده کرد؟ چرا؟ (هندسه المان های آنتن باید به چه شکل باشد تا بتوان از این روش استفاده کرد)
- مزایا و معایب روش جهت یابی Matrix Pencil را به طور کلی شرح دهید. و روش هایی که برای برطرف سازی این معایب ابداع شده را نیز به طور مختصر شرح دهید.
- الگوریتم Matrix Pencil را در متلب شبیه سازی کنید و سپس با فرض اینکه سیگنال دریافتی ناشی از دو منبع رادیویی می باشد، زوایای دیتاستی (سیگنال دریافتی) را که در اختیار شما قرار می گیرد، استخراج کنید. (توجه کنید زوایایی که استخراج می کنید با توجه به ساختار خطی المان های آنتن گیرنده، بین -90° تا 90° درجه می باشد. یعنی زاویه بین جهت ورود سیگنال و بردار نرمال آنتن را گزارش کنید. بردار نرمال آنتن بردار عمود بر خط وصل کننده المان های آنتن می باشد.) (شکل ۱)

۴.۴ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] DOA estimation

[۲] Total Least Squares

[۳] منبع مفید برای آشنایی با جبر خطی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

[۴] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

[۵] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

۵ پروژه شماره ۵: تخمین تعداد منابع رادیویی (Source Enumeration Problem) (گروه ۳ نفره)

۱.۵ مقدمه

یکی از کاربردهای پردازش آماری سیگنال ها، تخمین تعداد منابع رادیویی با استفاده از بررسی آماری سیگنال دریافتی می باشد. یعنی با دریافت یک سیگنال تعیین می کنید که سیگنال دریافت شده حاصل برآیند سیگنال ارسالی چند منبع بوده است. از طرفی برای تخمین تعداد منابع RF عملاً آنتن گیرنده باید بیش از یک المان داشته باشد. از این رو توصیه می شود ابتدا نحوه پردازش سیگنال های آرایه ای را نیز مطالعه کنید. در روش های مبتنی بر زیرفضای نویز و سیگنال در ابتدا ماتریس کوواریانس بردار دریافتی تخمین زده شده و با تجزیه EVD این ماتریس، زیر فضای نویز و سیگنال از هم تفکیک می شوند. به طور کلی در روش های مبتنی بر زیر فضا پس از یافتن زیر فضای نویز و سیگنال از تعامل بین این دو زیر فضا استفاده شده و پارامترهایی مثل تعداد منابع و زاویه ورود تخمین زده می شود. در حالتی که توان نویز نسبت به توان سیگنال خیلی پایین تر است (SNR دریافتی بالاست) به راحتی می توان با مرتب کردن صعودی یا نزولی مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس تعداد منابع را با دقت بالایی تخمین زد. اما به ازای SNR های پایین (توان بالای نویز)، عملاً نمی توان با مقایسه مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس به راحتی به تعداد منابع موجود پی برد. (زیرا خود ماتریس کوواریانس را به طور تقریبی به دست می آوریم و افزایش نویز خطای این تخمین را نیز افزایش می دهد). از این رو روش هایی مبتنی بر تئوری اطلاعات مانند AIC و MDL به وجود آمده اند که تعداد منابع را در شرایط SNR ای پایین نیز تخمین می زنند. اما در این پروژه قرار است با یکی دیگر از روش های مبتنی بر تئوری اطلاعات که در مرجع شماره [۱] این پروژه بررسی شده آشنا شوید و آن را شبیه سازی کنید.

۲.۵ توضیح

در تمام پروژه های مربوط به جهت یابی و Source Enumeration فرض بر این است که المان های آنتن گیرنده به شکل آرایه یکنواخت خطی می باشند. (ULA) از طرفی سیگنال هایی که قرار است جهت یا تعداد آن ها تخمین زده شود، سیگنال RF می باشند. دیتاستی که در این پروژه در اختیار شما قرار داده می شود یک ماتریس $N \times T$ می باشد که در آن N تعداد المان های آنتن گیرنده و T تعداد سَمپل های زمانی (snapshot) است که از سیگنال دریافتی در اختیار داریم. از طرفی فرض کنید که داده ای که در اختیار شما قرار داده می شوند سیگنالی است که پس از دریافت به باند پایه منتقل شده است. فاصله بین المان های آنتن گیرنده را برابر $d = \frac{\lambda}{4}$ در نظر بگیرید که در آن λ طول موج سیگنال حامل می باشد. فرکانس سیگنال حامل را نیز برابر $f_c = 20\text{ MHz}$ در نظر بگیرید.

۳.۵ خواسته ها

- تعریف بردار هادی (steering vector) را شرح دهید و ارتباط آن با زیر فضای سیگنال و نویز را توضیح دهید.
- نحوه تخمین تابع چگالی احتمال به روش kernel (یا همان Parzen) را توضیح دهید.
- روش EEE برای تخمین تعداد منابع را به طور خلاصه توضیح دهید. (توضیحات به شکل استدلالی باشد)
- برای استفاده از روش EEE، پهنای باند سیگنال باید چه ویژگی هایی داشته باشد؟ (همراه با بیان علت)
- آیا روش EEE قادر به Enumeration منابعی که از لحاظ شکل سیگنال به هم شباهت دارند، (coherent signals) می باشد؟ چرا؟ اگر جواب منفی است، یک روش برای حل این مسئله بیان کنید. (برای اطلاعات بیشتر به مرجع [۲] مراجعه کنید).
- حداکثر تعداد سورهاهایی را که می توان به روش EEE تخمین زد، (با داشتن آنتن گیرنده N المانی)، تعیین کنید. (با ذکر دلیل)

- آیا می توان برای آرایش غیریکنواخت المان ها (مثلا دایروی) از روش EEE استفاده کرد؟ چرا؟
- روش های AIC و MDL را نیز به طور مختصر مطالعه کرده و مزایا و معایب روش EEE را نسبت به این دو روش شرح دهید.
- الگوریتم EEE را در متلب شبیه سازی کنید. سپس کد خود را بر روی دیتاستی (سیگنال دریافتی) که در اختیار شما قرار می گیرد اعمال کنید و تعداد منابع آن را تخمین بزنید.

۴.۵ مراجع مفید برای انجام پروژه

Hamid Asadi, Babak Seyfe, Signal enumeration in Gaussian and non-Gaussian noise using entropy estimation [۱]
of eigenvalues, Digital Signal Processing, Volume 78, 2018, Pages 163-174, ISSN 1051-2004

DOA estimation [۲]

[۳] منبع مفید برای آشنایی با جبر خطی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

[۴] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

[۵] منبع مفید برای آشنایی با پردازش آرایه ای

[۶] منبع مفید برای آشنایی با تئوری اطلاعات

۶ پروژه شماره ۶ : طراحی فیلتر منطبق (Matched Filter) غیر حساس به شیف فرکانسی (گروه ۳ نفره)

۱.۶ مقدمه

یکی از فیلترهای بسیار معروف در مخابرات و پردازش سیگنال که از آن در آشکارسازی یک سیگنال یا سمبل مشخص استفاده می شود، فیلتر منطبق یا Matched Filter نام دارد. همان طور که از اسم این فیلتر مشخص است، شکل آن در حوزه زمان با استفاده از شکل سیگنال یا سمبلی که به دنبال آشکارسازی آن هستیم تعیین می شود. به طوری که در صورت عبور سیگنال دریافتی از این فیلتر، اگر سیگنال دریافتی حاوی سمبل مدنظر ما باشد شاهد وجود چند پیک با مقدار زیاد (در صورتی که نسبت سیگنال به نویز یا SNR نیز خیلی کوچک نباشد) در خروجی فیلتر منطبق خواهیم بود. اما با توجه به اینکه ممکن است اسلاتورهای گیرنده با فرکانس سیگنال حامل (f_c) دقیقاً یکسان نباشند، سیگنالی که در گیرنده به باند پایه منتقل می شود دچار انحراف فرکانس و فاز بشود. هر چند انحراف فاز انطباق سیگنال گیرنده و سمبل مورد نظر را به هم نمی ریزد، اما در صورتی که سیگنال دریافتی دچار شیف فرکانسی (frequency carrier offset) بشود، هر چه قدر هم این انحراف فرکانسی ناچیز باشد، انطباق سیگنال دریافتی با فیلتر منطبق از بین خواهد رفت. و در صورتی که مقدار این انحراف فرکانسی را ندانیم و یا نتوانیم با دقت کافی تخمین بزنیم، مسئله عدم انطباق هم چنان پا برجاست. در این پروژه با استفاده از مفاهیمی که در درس آموخته اید به دنبال ساخت فیلتر منطقی هستیم که نسبت به انحراف فرکانسی پایدار باشد. یعنی بدون نیاز به تخمین انحراف فرکانسی، بتوانیم وجود سمبل مورد نظر خود را در یک سیگنال که از لحاظ فرکانسی دچار شیف شده، تشخیص دهیم. مطمئناً این فیلتر برای حالتی که سیگنال دچار انحراف فرکانسی نشده باشد نیز باید معتبر و قابل استفاده باشد.

۲.۶ توضیح

برای ارزیابی شبیه سازی شما، در انتها به شما یک دیتاست که حاوی سیگنال دریافتی و هم چنین یک یا چند سمبل که به دنبال آشکارسازی آن ها در سیگنال دریافتی هستیم داده می شود و شما باید تعیین کنید که این سمبل ها آیا اصلاً در سیگنال دریافتی وجود دارند یا خیر و اگر وجود دارند در کدام لحظه از سیگنال شروع می شوند. در واقع برای تعیین وجود سمبل یا سمبل ها باید به دنبال پیک ها در اندازه سیگنال خروجی فیلتر منطبق باشید.

۳.۶ خواسته ها

- اثبات کنید چرا خروجی فیلتر منطبق در نقطه ای که فیلتر و سمبل مورد نظر دقیقاً بر روی هم قرار می گیرند ماکزیمم می گردد؟
- ابتدا یک سیگنال دلخواه با طول مشخص و دلخواه و سمبل های مشخص تولید کنید. این سیگنال را به عنوان سمبلی که میخواهید در یک رشته دلخواه از سیگنال دریافتی آشکار کنید در نظر بگیرید. (سعی کنید که سمبلی تولید کنید که سمبل های آن فقط مثبت یا فقط منفی نباشند. دلیل این موضوع را در قسمت های بعدی خواهید دید. هم چنین می توانید سمبل خود را به شکل مختلط تولید کنید). حال یک

رشته سیگنال دریافتی تولید کنید و در قسمتی از آن سمبلی که ابتدا تولید کرده بودید را بگنجانید. رشته سیگنال دریافتی را از فیلتر منطبق با سمبل رد کنید و مشاهدات خود را از (اندازه) سیگنال خروجی فیلتر منطبق یا توضیح دهید.

- فرض کنید تبدیل فوری سیگنال به اندازه $offset$ به سمت چپ یا راست انتقال یافته باشد. این انتقال در حوزه فوری یا فرکانس چه تاثیری در حوزه زمان خواهد داشت؟ با دانش سیگنالی خود توجیه کنید.
- اگر معیار بررسی وجود یا عدم وجود سمبل مورد علاقه مان در یک سیگنال را اندازه یا $abs()$ سیگنال خروجی از فیلتر منطبق در نظر بگیریم بررسی کنید (با استفاده از شبیه سازی یا به شکل تئوری) که هر یک از عوامل ۱. تضعیف یا تقویت دامنه (scale) ۲. انحراف فاز ۳. انحراف فرکانسی، عملکرد فیلتر منطبق را مختل می کند یا خیر؟
- اگر اندازه سیگنالی که دچار انحراف فرکانسی شده است را در نظر بگیرید یا مثلاً ضرب این سیگنال در مزدوج (conjugate) خودش را به دست بیاورید آیا سیگنال حاصل به انحراف فرکانسی وابسته خواهد بود؟ چرا؟
- فیلتر منطبق متناظر با اندازه یا مجذور اندازه سمبل را به دست بیاورید. اندازه یا مجذور اندازه رشته سیگنال خود را از این فیلتر منطبق عبور دهید و اندازه و رزولوشن پیک های به دست آمده را با حالت بررسی شده در قسمت دوم مقایسه کنید.
- حال سعی کنید با ضرب نمونه های سیگنال در هم دیگر (مثلاً سمبل i ام در سمبل $i-1$ ام یا تابعی از آن) اثر $offset$ را از بین ببرید. به عبارت دقیق تر سیستمی طراحی کنید که اندازه خروجی آن به ازای انحراف فرکانسی های مختلف تغییر نکند و از طرفی فیلتر منطبق متناظر با خروجی این سیستم پیک های تیز تر و قابل تشخیص تری تولید کند.
- در این قسمت یک دیتاست شامل یک سمبل مشخص و چند رشته سیگنال دریافتی در اختیار شما قرار می گیرد و باید در هر یک از این رشته ها وجود یا عدم وجود سمبل داده شده را تشخیص دهید. و هم چنین محل وقوع این سمبل ها را تشخیص دهید.
- در بسیاری از کاربردها ممکن است محدودیت منابع سخت افزاری اجازه ذخیره (بافر) کردن تمامی سمبل های سیگنال خروجی فیلتر منطبق را به شما ندهد و فقط مجاز به ذخیره کردن تعداد محدودی از سمبل های زمانی خروجی در هر لحظه باشید. به عبارت دیگر باید به شکل بی درنگ و اصطلاحاً real time این کار را انجام دهید. یکی از روش های متداول برای تشخیص پیک در داخل سیگنال به شکل time real روش CA-CFAR^۱ می باشد که در سیستم های راداری نیز به کار می رود. حال بار دیگر پیک های سیگنال خروجی فیلتر منطبق در قسمت قبل را به روش CA-CFAR تشخیص داده و threshold به دست آمده از این روش و خروجی فیلتر منطبق را در یک شکل رسم کنید.

۴.۶ مراجع مفید برای انجام پروژه

راهنمایی لازم برای انجام این پروژه در صورت سوال گفته شده یا در کلاس نیز بررسی شده اند. مطالب جدید را نیز با اندکی جست و جو در اینترنت به راحتی می توانید بیابید.

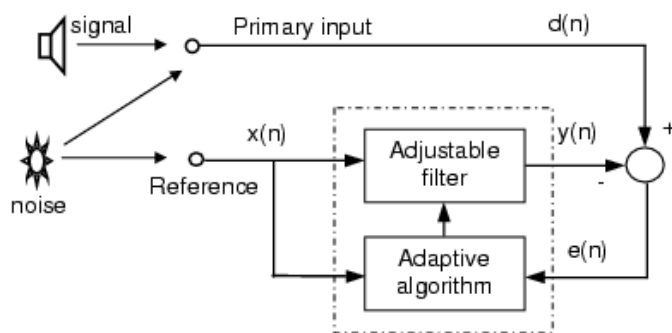
۷ پروژه شماره ۷: حذف نویز ۵۰ هرتز برق شهر به کمک فیلترهای وفقی (Adaptive Filters) (گروه ۲ نفره)

۱.۷ مقدمه

امروزه فیلترهای وفقی یا فیلترهای تطبیقی (Adaptive Filter) به دلیل پردازنده های سیگنال دیجیتال قوی و پیشرفت های الگوریتم های وفقی جدید، در کاربردهای بسیار متنوعی مورد استفاده قرار می گیرند. در طول دو دهه اخیر، تعداد کاربردهایی که یک فیلتر وفقی در آن مورد استفاده قرار می گیرد، به صورت روز افزون در حال افزایش است. گستره وسیعی از پیکربندی ها وجود دارند که می توانند به عنوان یک فیلتر وفقی در حوزه های علوم مختلف مانند مخابرات، رادار، سونار، پردازش سیگنال های صوتی و رادیویی و حذف نویز به کار گرفته شوند. در واقع در بسیاری موارد امکان طراحی فیلتر به شکل غیر وفقی و استاتیک یا وجود ندارد یا در صورت وجود صرفه اقتصادی نداشته و یا اصلاً عملی نیست. مثلاً برای حذف یک سیگنال مزاحم سینوسی از یک سیگنال مطلوب آیا می توان یک Notch Filter با پهنای باند 0 طراحی کرد؟ (عملاً بی نهایت ضریب نیاز دارد.) یا مثلاً در یک سیستم مخابراتی که سیگنال دچار multi-path می شود آیا می توان به ازای تمامی حالات ممکن فیلترهایی با ضرایب ثابت طراحی کرد؟ یک مثال جذاب تر که ممکن است با آن نیز سر و کار داشته باشید حذف نویز در هندزفری های نسل جدید که از تکنولوژی ANC^۲ استفاده

^۱ cell averaging constant false alarm
^۲ Adaptive Noise Cancellation

می شود، می باشد که در آن نویز محیط به شکل افقی از بین می رود. با توجه به اینکه نویز الزاما در تمام زمان ها حالت یکسانی ندارد طراحی فیلتر به شکل استاتیک از لحاظ عملی امکان پذیر نیست. در واقع ضرایب فیلتر به نوعی با استفاده از یک سیگنال موسوم به primary به عنوان معلم (supervisor) آموخته می شوند. مثلا در شکل ۲ ضرایب فیلتر به گونه ای تغییر می کنند که اختلاف MSE^3 خروجی فیلتر و سیگنال primary یا desired signal حداقل شود. توجه کنید نویزهایی که در شکل ۲ به ورودی reference و ورودی primary می رسد با هم یکسان نیستند. (در این صورت اصلا نیازی به طراحی فیلتر نبود و با تفریق دو ورودی سیگنال بدون نویز استخراج می شد) اما منبع یکسانی دارند. پس یعنی فیلتر افقی در این مثال سیستمی را تعیین می کند که نویز ورودی primary از آن عبور کرده و نویز reference تولید می شود. هم چنین فیلترهای افقی را در اکثر کاربردها (و تمامی پروژه های این درس) به شکل FIR و دارای ضرایب محدود در نظر می گیرند. و طراحی فیلتر افقی نیز به معنای یادگیری این ضرایب است.



شکل ۲: بلوک دیاگرام فیلتر منطبق برای حذف نویز از صدا

۲.۷ توضیح

در این پروژه قصد داریم یک سیگنال صحبت را که به نویز ۵۰ هرتز ناشی از برق شهری آلوده شده، با استفاده از فیلترهای افقی به صورت بدون نویز استخراج کنیم. یادگیری ضرایب این فیلتر با الگوریتم LMS^4 انجام دهید. جزییات این روش در مرجع [۱] توضیح داده شده است. بنابراین یک دیاست حاوی سیگنال صحبت آلوده به نویز سینوسی به عنوان ورودی به شما داده خواهد شد و شما بایستی سیگنال صحبت را از درون این سیگنال آلوده استخراج کنید. ممکن است سیگنال آلوده به گونه ای باشد که قادر به شنیدن آن نباشید.

۳.۷ خواسته ها

- منظور از اینکه سیگنال های تک تن، سیگنال های ویژه (eigen signal) یک سیستم می باشند چیست؟ در صورت نیاز به نوشتن روابط تئوری برای اثبات ادعای خود، حتما این کار را انجام دهید!!
- با توجه به ویژگی های سیگنال های ویژه (eigen signal) اگر در ورودی reference، دو سیگنال $\sin(2\pi 50n)$ و $\cos(2\pi 50n)$ داشته باشیم، با حداقل چند ضریب می توانیم هر حالتی از خروجی را که با اعمال یک سیگنال ویژه به یک سیستم به دست می آید را به دست آوریم؟ چرا؟
- روش stochastic gradient descent را به طور کامل توضیح دهید و هم چنین اثبات کنید که چرا برای داشتن حداکثر نرخ کاهش در مقدار سیگنال باید در جهت منفی گرادیان حرکت کنیم؟
- بلوک دیاگرام فیلتر افقی مناسب برای حل این مسئله را رسم کنید.
- آیا در صورت همگرایی انتظار دارید مقدار سیگنال $|e(n)|$ به ۰ میل بکند؟ چرا؟
- در ابتدا صدای خود را به مدت ۵ ثانیه با فرکانس $10KHz$ به کمک ابزار audiorecorder ضبط کنید و سیگنال حاصل را سیگنال s بنامید. سیگنال s را با یک سینوسی ۵۰ هرتز با دامنه و فاز اولیه رندوم جمع کنید. با در نظر گرفتن سیگنال های $\sin(2\pi 50n)$ و $\cos(2\pi 50n)$ به عنوان سیگنال reference به روش LMS نویز اضافه شده را حذف کنید. نمودار $s - e$ را برحسب زمان (که در LMS متناظر با شماره ایتريشن می باشد) رسم کنید و تاثیر طول قدم (step size) انتخاب شده در الگوریتم SGD را بر روی سرعت همگرایی و مقدار نوسانات $s - n$ در هنگام همگرایی (misadjustment) بررسی کنید.

^۳ Mean Square Error
^۴ Least Mean Squares

- حال یک سیگنال صحبت آلوده به نویز برق شهر با فرکانس نمونه برداری مشخص به عنوان دیتاست به شما داده می شود و بایستی سیگنال دینویز شده را به عنوان خروجی برگردانید.

۴.۷ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] منبع مفید برای آشنایی با فیلترهای وفقی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

۸ پروژه شماره ۸ : تخمین کانال مخابراتی (Channel Estimation) به کمک فیلترهای وفقی (Adaptive Filters) (گروه ۲ نفره)

۱.۸ مقدمه

امروزه فیلترهای وفقی یا فیلترهای تطبیقی (Adaptive Filter) به دلیل پردازنده های سیگنال دیجیتال قوی و پیشرفت های الگوریتم های وفقی جدید، در کاربردهای بسیار متنوعی مورد استفاده قرار می گیرند. در طول دو دهه اخیر، تعداد کاربردهایی که یک فیلتر وفقی در آن مورد استفاده قرار می گیرد، به صورت روز افزون در حال افزایش است. گستره وسیعی از پیکربندی ها وجود دارند که می توانند به عنوان یک فیلتر وفقی در حوزه های علوم مختلف مانند مخابرات، رادار، سونار، پردازش سیگنال های صوتی و رادیویی و حذف نویز به کار گرفته شوند. در واقع در بسیاری موارد امکان طراحی فیلتر به شکل غیر وفقی و استاتیک یا وجود ندارد یا در صورت وجود صرفه اقتصادی نداشته و یا اصلاً عملی نیست. مثلاً برای حذف یک سیگنال مزاحم سینوسی از یک سیگنال مطلوب آیا می توان یک Notch Filter با پهنای باند ۰ طراحی کرد؟ (عملاً بی نهایت ضریب نیاز دارد). یا مثلاً در یک سیستم مخابراتی که سیگنال دچار multi-path می شود آیا می توان به ازای تمامی حالات ممکن فیلترهایی با ضرایب ثابت طراحی کرد؟ یک مثال جذاب تر که ممکن است با آن نیز سر و کار داشته باشید حذف نویز در هندزفری های نسل جدید که از تکنولوژی ANC^۵ استفاده می شود، می باشد که در آن نویز محیط به شکل وفقی از بین می رود. با توجه به اینکه نویز الزاماً در تمام زمان ها حالت یکسانی ندارد طراحی فیلتر به شکل استاتیک از لحاظ عملی امکان پذیر نیست. در واقع ضرایب فیلتر به نوعی با استفاده از یک سیگنال موسوم به primary به عنوان معلم (supervisor) آموخته می شوند. مثلاً در شکل ۲ ضرایب فیلتر به گونه ای تغییر می کنند که اختلاف MSE^۶ خروجی فیلتر و سیگنال primary یا desired signal حداقل شود. توجه کنید نویزهایی که در شکل ۲ به ورودی reference و ورودی primary می رسد با هم یکسان نیستند. (در این صورت اصلاً نیازی به طراحی فیلتر نبود و با تفریق دو ورودی سیگنال بدون نویز استخراج می شد) اما منبع یکسانی دارند. پس یعنی فیلتر وفقی در این مثال سیستمی را تعیین می کند که نویز ورودی primary از آن عبور کرده و نویز reference تولید می شود. هم چنین فیلترهای وفقی را در اکثر کاربردها (و تمامی پروژه های این درس) به شکل FIR و دارای ضرایب محدود در نظر می گیرند. و طراحی فیلتر وفقی نیز به معنای یادگیری این ضرایب است.

۲.۸ توضیح

در نسل های مختلف مخابرات بی سیم، یکی از تدابیری که برای تخمین کانال بین گیرنده و فرستنده اندیشیده می شود، استفاده از سیگنالی موسوم به سیگنال pilot می باشد که شکل آن هم برای گیرنده و هم فرستنده معلوم می باشد. پس از دریافت سیگنال پایلوت در گیرنده، سیستم گیرنده با مقایسه شکل سیگنال دریافتی و سیگنال ارجینال، تاثیرات کانال بر روی سیگنال ارجینال را تخمین می زند. شایان ذکر است که کانال بین فرستنده و گیرنده، اغلب موارد و هم چنین در این پروژه به شکل یک فیلتر FIR مدل می شود. در این پروژه نیز دیتاستی که در اختیارتان قرار می گیرد، سیگنال پایلوت ارسالی (ارجینال) و سیگنال پایلوت دریافتی توسط گیرنده می باشد و شما باید کانال بین فرستنده و گیرنده را با دقت ۱۰ ضریب تخمین بزنید.

۳.۸ خواسته ها

- در مورد روش های دیگر تخمین کانال نیز تحقیق کرده و یکی از آن ها را به اختصار و به طور کلی شرح دهید.
- در صورتی که کانال واقعی بین فرستنده و گیرنده دارای مدل فیلتر IIR باشد چگونه می توان آن را به شکل FIR تخمین زد؟ با یک مثال توضیح دهید.

^۵ Adaptive Noise Cancellation
^۶ Mean Square Error

- روش stochastic gradient descent را به طور کامل توضیح دهید و هم چنین اثبات کنید که چرا برای داشتن حداکثر نرخ کاهش در مقدار سیگنال باید در جهت منفی گرادیان حرکت کنیم؟
- بلوک دیاگرام فیلتر وفقی مناسب برای حل این مسئله را رسم کنید.
- آیا در صورت همگرایی انتظار دارید مقدار سیگنال $|e(n)|$ به 0 میل بکند؟ چرا؟
- مجموعه ای از سیگنال های پایلوت و سیگنال های متناظر دریافتی آن ها به عنوان دیتاست در اختیارتان قرار می گیرد. کانال بین فرستنده و گیرنده را با دقت ۱۰ ضریب تخمین بزنید. با توجه به نام گذاری شکل ۲، نمودار سیگنال e را برحسب زمان (که در LMS متناظر با شماره ایتريشن می باشد) رسم کنید و تاثیر طول قدم (step size) در الگوریتم SGD را بر روی سرعت همگرایی و مقدار نوسانات e در هنگام همگرایی (misadjustment) بررسی کنید.
- با فرض اینکه سیگنال دریافتی تنها ناشی از اثر کانال و نویز جمع شونده بر سیگنال ارسالی می باشد، واریانس نویز را با استفاده از مقادیر misadjustment تخمین بزنید.

۴.۸ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] منبع مفید برای آشنایی با فیلترهای وفقی (جزوه درس دکتر بابایی زاده)

۹ پروژه شماره ۹ : فشرده سازی تصاویر به روش JPEG (گروه ۲ نفره)

۱.۹ مقدمه

حتما تا به حال فرمت های مختلف تصاویر ذخیره شده در کامپیوتر را دیده اید. هر فرمت اطلاعات عکس را به روش خاصی ذخیره می کند. بعضی از این فرمت ها به منظور کاهش حجم تصویر ذخیره شده به فشرده سازی اطلاعات می پردازند. در برخی از این روشها اطلاعات به صورت کامل قابل بازیابی است (loseless). اما برخی دیگر با حذف قسمتی از اطلاعات حجم ذخیره شده را کاهش می دهند به طوری که به کلیت تصویر لطمه ای وارد نشود (lossy). در این پروژه میخواهیم به روش JPEG یک عکس را فشرده کنیم.

۲.۹ توضیح

چشم انسان به فرکانس های پایین در تصاویر حساسیت بیشتری دارد. در درس شما با تحلیل حوزه فرکانس سیگنال ها آشنا شدید. یکی از تبدیلهای حوزه زمان به فرکانس تبدیل DCT است که در JPEG برای تحلیل فرکانسی عکس ها استفاده می شود. در این روش تصویر به بلوکهای 8×8 تقسیم میشود. روی هر یک از این بلوکها تبدیل DCT اعمال میشود سپس با روشهایی محتوای فرکانسی بالا حذف میشود. در این مرحله برای کاهش تعداد بیت های لازم برای ذخیره سازی، ضرایب DCT اصلاح شده را به یکی از روش های کدینگ به صورت فشرده ذخیره می کنند. در نهایت با دیکد کردن این دنباله و گرفتن تبدیل وارون عکس فشرده شده به دست می آید.

۳.۹ خواسته ها

- در مورد تبدیل DCT مطالعه کنید و تفاوت های آن را با تبدیل فوری بررسی کنید.
- به عکس مناسب به فرمت bmp انتخاب کنید. (در مورد این فرمت تصویر تحقیق کنید). این عکس را به grayscale تبدیل کنید. برای ذخیره سازی این تصویر به چند بیت نیاز است؟
- در مورد روش فشرده سازی مطالعه کنید و الگوریتم آن را روی تصویر پیاده سازی کنید.
- در مورد روش run-length coding مطالعه کنید و از آن برای ذخیره سازی ضرایب DCT عکس فشرده شده استفاده کنید. در این حالت به چند بیت برای ذخیره سازی نیاز داریم؟
- این کار را چند بار تکرار کنید و هر دفعه با حذف مقدار متفاوتی از فرکانسهای بالای تصویر، با کیفیتهای مختلف تصویر را فشرده کنید. میتوانید این الگوریتم را روی چند عکس دیگر هم امتحان کنید و نتایج را مشاهده کنید. تفاوت در حجم تصویر را با معیار مناسب مقایسه کنید

۴.۹ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] برای اطلاعات بیشتر میتوانید از این [لینک](#) هم استفاده کنید

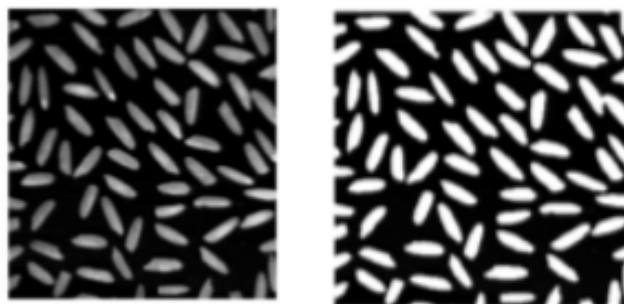
۱۰ پروژه شماره ۱۰ : Image Segmentation (گروه ۲ نفره)

۱.۱۰ مقدمه

در بینایی ماشین، تصویر را برای ساده سازی و آنالیز راحت تر به بخش هایی تقسیم می کنند به طوری که پیکسلهای هر بخش در ویژگی هایی با هم اشتراک داشته باشند. در این پروژه قصد داریم با دو الگوریتم برای این کار آشنا شویم.

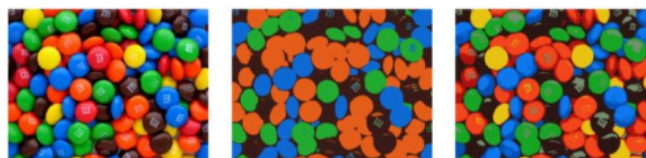
۲.۱۰ توضیح

- بخش اول - balanced thresholding histogram : این روش تصویر را به دو قسمت تقسیم می کند و پیش زمینه را از تصویر جدا می کند. در این روش هیستوگرام تصویر را در نظر میگیریم آن را به دو بخش تقسیم می کنیم. از بخش سنگین تر قسمتی را حذف می کنیم و دوباره این کار را تکرار می کنیم تا دو طرف با هم هم وزن شوند. از آستانه مورد نظر برای باینری کردن تصویر استفاده می کنیم



شکل ۳:

- بخش دوم - k-means : این الگوریتم برای خوشه بندی داده ها به k دسته است. در این کاربرد هدف خوشه بندی پیکسل ها به k دسته است. در شکل ۴ نتیجه این الگوریتم را بر روی یک تصویر با دو مقدار k متفاوت می بینیم. همانطور که مشخص است مقدار k نه باید خیلی بزرگ باشد و نه باید خیلی کوچک باشد تا خوشه بندی پیکسل ها به شکل با معنی تری انجام شود. الگوریتم این روش به طور کلی به این صورت است: ابتدا k نقطه ابتدایی به عنوان مرکز این k دسته انتخاب میکنیم و هر پیکسل را بر اساس



شکل ۴:

معیاری که برای فاصله معین کرده ایم به یکی از این k نقطه نسبت می دهیم. حال k نقطه جدید برای مرکز هر دسته انتخاب می کنیم. این کار را با میانگین گیری بین پیکسل هایی که به هر دسته نسبت داده ایم انجام می دهیم. با داشتن مرکزهای جدید مراحل قبل را تکرار می کنیم تا به وضعیت متعادلی برسیم. به سه مسئله در این روش باید توجه کرد. نحوه انتخاب نقاط اولیه، معیار سنجش فاصله از هر مرکز و تعیین پایان کار. به طور مثال برای انتخاب نقاط اولیه روش های مختلفی وجود دارد مثلاً می توان k نقطه به صورت تصادفی انتخاب کرد یا می توان به هر پیکسل به طور تصادفی یکی از k دسته را نسبت دهیم و از میانگین پیکسل های هر دسته استفاده کنیم.

۳.۱۰ خواسته ها

در مورد دو روش گفته شده مطالعه کنید و آن ها را بر روی چند تصویر مناسب پیاده کنید. در مورد بخش دوم در مورد سه مسئله مطرح شده روش های مختلفی بیابید و با هم مقایسه کنید

۴.۱۰ مراجع مفید برای انجام پروژه

۱۱ پروژه شماره ۱۱ : نویز در تصاویر (گروه ۲ نفره)

۱.۱۱ مقدمه

در این پروژه با انواع نویز در تصاویر آشنا می شوید و سپس با استفاده از فیلتر های مناسب نویز افزوده شده را حذف میکنید. سپس در ادامه تلاش می کنید که قطرات برف در تصاویر روزهای برفی را به عنوان نویز ببینید و تلاش کنید آنها را حذف کنید تا تصویر بهتری ملاحظه کنید ، کاربرد این امر می تواند در رانندگی و مشاهده ی تصویر بهتری از جاده در روز های برفی باشد.

۲.۱۱ توضیح

راجب انواع نویز ها زیر مطالعه کنید:

- Impulse noise
 - Additive noise
 - Salt-and-Pepper Noise
 - Shot Noise
 - Speckle Noise (Multiplicative Noise)
 - Uniform Additive Noise , ...
- همچنین راجب فیلتر های زیر نیز مطالعه کنید :

- Linear smoothing filters
- Wiener Filtering
- Median Filter , ...

۳.۱۱ خواسته ها

- سعی کنید تصاویر رنگی مناسب بیابید و با اعمال نویز ها فیلتر های بالا آنها را نویزی و سپس تلاش کنید نویز ایجاد شده را حذف کنید.
- دقت کنید خودتان باید توابع متلب را پیاده سازی کنید .
- تمام مراحل قبلی مقدمه ای برای یافتن پاسخ مناسب برای مساله زیر است :
- به شما عکس یک روز برفی داده شده است و شما باید با تکنیک های مشابه حذف نویز در یک تصویر ، قطرات برف را از تصویر حذف کنید ، یک نمونه عملکرد خواسته شده را در شکل ۵ مشاهده می کنید. شما مجاز به استفاده از هر تکنیک پردازش تصویر هستید اما باید بر الگوریتم روش استفاده شده تسلط داشته باشید ، هر چه بتوانید عکسی با کیفیت بالاتر به دست آورید بهتر خواهد بود ، می توانید برای مثال درباره ی تشخیص اجسام در عکس و inpainting و ... مطالعه کنید و از تکنیک های این روش ها استفاده کنید.

۴.۱۱ مراجع مفید برای انجام پروژه

[۱] Shot Noise



شکل ۵:

۱۲ پروژه شماره ۱۲ : یافتن مرزهای شکل های یک تصویر (گروه ۲ نفره)

۱.۱۲ مقدمه

مرزها در یک تصویر نماینده تغییرات مهم یا ناگهانی در تصویر هستند. پس دانستن محل این تغییرات میتواند اطلاعات مفیدی در مورد تصویر به ما بدهد. در این پروژه میخواهیم لبههای تصویر را بر اساس چند الگوریتم موجود بررسی و عملکرد آنها را مقایسه کنیم

۲.۱۲ توضیح

برای آشکار کردن لبه تصاویر چند مرحله انجام می شود:

۱. Filtering : ابتدا تصویر را با فیلتر مناسب فیلتر می کنیم تا اثرات نویز را در مراحل بعد کاهش دهیم
 ۲. Enhancement : بعد از فیلترینگ باید میزان تغییرات در تصویر را بررسی کنیم تا تقریبی از لبه های شکل به دست بیاوریم. این کار معمولاً به وسیله محاسبه گرادیان انجام می شود .
 ۳. Detection : در این مرحله باید تعیین کنیم که چه میزانی از تغییرات (چه اندازه ای از گرادیان) تعیین کننده مرز در شکل است تا تغییرات ناشی از وجود مرز در تصویر را از سایر تغییرات جدا کنیم.
- به این ترتیب مرز شکل ها در تصویر مشخص میشوند. در این پروژه می خواهیم درک بهتری از این مراحل پیدا کنیم.

۳.۱۲ خواسته ها

- برای انجام مرحله اول می توانیم از فیلتر Gaussian blur استفاده کنیم. درباره این فیلتر مطالعه کنید و آن را بر روی تصاویر مناسب پیاده کنید. تغییر پارامتر σ این فیلتر چه تاثیری بر تصویر دارد؟ تاثیر این تغییر را در مراحل بعدی هم بررسی کنید.
- در این مرحله باید معیاری برای میزان تغییرات در تصویر تعیین کنیم تا به وسیله آن تقریبی از مرزها به دست بیاوریم. در مورد دو عملیات Roberts و Sobel تحقیق کنید و از هر دو برای آشکار سازی لبه ها استفاده کنید. دقت کنید که مطابق توضیحات مرحله ۳ لازم است threshold ای تعیین کنید تا هر تغییری در تصویر به عنوان لبه تشخیص داده نشود.
- تا اینجا لبه تصویر را با دقت خوبی آشکار کرده ایم. در این بخش می خواهیم با الگوریتم Canny آشنا شویم. در این الگوریتم بعد از اعمال فیلتر Gaussian blur و Sobel چند مرحله دیگر انجام می شود تا مرز ها را با دقت بیشتری به دست بیاوریم.
- بعد از اعمال Sobel قطر لبه ها کلفت است برای نازک تر کردن آن ها ماکسیمم گرادیان را باید به صورت موضعی پیدا کنیم. یعنی پیکسل هایی لبه هستند که اندازه گرادیان آن ها در راستای گرادیان ماکسیمم باشد. در مرحله بعد برای دقیق تر به دست آوردن لبه ها بر خلاف حالت قبل که از یک threshold استفاده میکردیم، دو threshold تعیین میکنیم. تا لبه ها را به دو دسته لبه قوی و ضعیف تقسیم کنیم. در بین لبه های ضعیف هم فقط آنهایی را نگه می داریم که به لبه قوی متصل باشند.
- در مورد الگوریتم Canny تحقیق کنید و آن را بر روی تصاویر پیاده کنید و با بخش قبل مقایسه کنید. (دقت کنید که اجازه استفاده از توابع آماده متلب را ندارید!)

۴.۱۲ مراجع مفید برای انجام پروژه