بسمه تعالی

شرحی بر درس پیشنهادی مباحث ویژه در مخابرات- تخمین طیف

۱ اطلاعات کلی درس

- **عنوان:** مباحث ویژه در مخابرات- تخمین طیف
- **مقطع:** تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکترا)
- **تعداد واحد:** ۳
- **پیش نیاز:** دانش پایه ای در زمینه فرآیندهای تصادفی و نیز تجزیه و تحلیل سیستمها و سیگنالها
- **مخاطب:** دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترا در گرایش های مختلف برق مانند مخابرات،الکترونیک و نیز مهندسی پزشکی.

۲ اهمیت، موضوع و زمینه های کاربردهای درس

تحلیل طیفی سیگنال ها یکی از مهمترین مباحث در زمینه پردازش سیگنال و مخابرات بوده و موضوع بخش اول درس است. در حقیقت در اینجا هدف تخمین محتوای طیفی سیگنالهای تصادفی به کمک مشاهده توابع نمونه آنها است. این بحث کاربردهای فراوانی دارد که از جمله می توان به کاربرد در سیستمهای سنجش از دور (مانند رادار و سونار)، سیستمهای مخابراتی (بی سیم)، کاربردهای پزشکی، پردازش صوت، آنالیز هارمونیک در سیستم های قدرت و نیز کاربرد در سیستم های مکانیکی (Vibration analysis) اشاره نمود. در بخش اول این درس انواع روش های پارامتری و غیر پارامتری، روش های مبتنی بر زیر فضا (Subspace) و نیز بانک فیلتر (Filter-Bank) به این منظور مورد مطالعه قرار خواهند

گرفت. در ادامه، در دومین بخش درس، یکی دیگر از مباحث مهم پردازش سیگنال یعنی پردازش سیگنالهای آرایه ای مورد توجه قرار خواهد گرفت که در ارتباط تنگاتنگ با تحلیل طیفی سیگنال ها می‌باشد. این موضوع امروزه یکی از مهمترین زمینه های تحقیقاتی در حوزه پردازش سیگنال/مخابرات بوده و کاربردهایی مشابه آنچه برای تحلیل طیفی سیگنال ها برشمرده شد برای آن متصور است. علاوه بر این، امروزه روش های کارآمد در حوزه پردازش سیگنال های آرایه ای در حوزه Massive MIMO و MIMO radars از اهمیت به سزایی برخوردارهستند. در این راستا در بخش دوم این درس آرایه های خطی، روش های تحقق الگوی آرایه و نیز Beamforming بررسی خواهند شد. در این درس علاوه بر مطالب فوق الذکر، ابزارهای جانبی مورد نیاز (مانند اشاره به برخی روش های مواجهه با مسائل بهینه سازی غیر محدب (Non-convex)) نیز به اختصار مورد بررسی قرار گرفته و اهتمام جدی بر تفهیم مطالب بالا و آماده سازی دانشجویان برای به کارگیری دانش کسب شده (در این درس) در دیگر حوزه های مرتبط می باشد.

۳ کتابهای مرجع درس

[1] P. Stoica and R. Moses,"Spectral Analysis of Signals", 2nd edition, Pearson/Prentice Hall, 2005.

[2] S. M. Kay, "Modern Spectral Estimation: Theory and Applications", Prentice Hall, 1988.

[3] H. Van Trees,"Detection, Estimation, and Modulation Theory, Optimum Array Processing", Part-IV, John Wiley & Sons, 2004.

۴ سابقه ارائه

با توجه به اهمیت و کاربرد تحلیل طیفی سیگنالها و پردازش سیگنالهای آرایه ای، این مباحث در دانشگاههای متعددی در مقطع تحصیلات تکمیلی ارائه می شوند. به عنوان مثال، تحلیل طیفی سیگنالها در University of Cambridge، University of Toronto، KTH Royal Institute of Technology و Virginia Polytechnic Institute تدریس می شود. همچنین این درس توسط Steven M. Kay در University of Rhode Island، توسط Peter Stoica در Uppsala University، و نیز توسط Jian Li در University of Florida ارائه می گردد. در مورد پردازش سیگنالهای آرایه ای می توان به عنوان مثال Georgia Institute

Technical University of Munich و University of Toronto ،of Technology را نام برد. لازم به ذکر است در دانشگاه صنعتی شریف نیز مباحث تخمین طیف و پردازش سیگنالهای آرایه ای تدریس می شوند.

۵ سرفصل مطالب درس

در ادامه سرفصل مطالب درس به اختصار بیان می شود. لازم به ذکر است در حین درس، برخی ابزارهای جانبی مهم مورد نیاز مانند اشاره به برخی روش های مواجهه با مسائل بهینه سازی غیر محدب Non-convex ـ که کاربرد آنها محدود به این درس نیست ـ نیز به اختصار مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۵ـ۱ مقدمه ای بر تحلیل طیفی سیگنال ها

- موضوع درس، اهمیت آن و سرفصل مطالب
- کاربردهای تحلیل طیفی
- مروری بر مباحث مهم (و مرتبط) از فرآیندهای تصادفی
- تابع خودهمبستگی، ماتریس کوواریانس و ماتریس کوواریانس نمونه
- تعریفهای چگالی طیف توان و خواص آن

۵ـ۲ روش های غیر پارامتری تخمین طیف

- روش های Periodogram و Correlogram
- روش های بهبود یافته تخمین غیرپارامتری طیف مانند روش Blackman-Tukey و Welch
- ملاحظات طراحی پنجره و اشاره به پنجره بهینه و پنجره وفقی
- محاسبه تخمین طیف توسط FFT

۵-۳ روش های پارامتری تخمین طیف های مرتبط با تابع انتقال گویا

- معرفی مدل های ARMA، AR و MA
- تخمین پارامترهای مدل AR (روش های Yule-Walker و Least-squares)
- تخمین پارامترهای مدل ARMA
- ارتباط تخمین حداکثر درستنمایی و روش Least-squares
- اشاره به ملاحظات انتخاب مدل و مرتبه آن

۵-۴ روش های پارامتری تخمین طیف های شامل خط

- معرفی مدل های مختلف حضور سیگنالهای سینوسی در نویز
- روش Least-squares غیر خطی برای مدل رگرسیون غیر خطی
- روش Yule-Walker مراتب بالاتر برای مدل ARMA
- روش های مرتبط با مدل ماتریس کواریانس (Subspace methods)
- اشاره به تخمین طیف سینوسی با دامنه متغیر با زمان

۵-۵ بانک فیلتر برای تخمین طیف

- تعبیر بانک فیلتر از روش Periodogram
- روش های بهبود یافته مبتنی بر بانک فیلتر
- روش Capon
- روش های تخمین دامنه و فاز

۵-۶ مقدمه ای بر پردازش سیگنال های آرایه ای

- مقدمه ای بر فیلترینگ فضایی
- مفاهیم و تعاریف اولیه
- مباحث مطرح و کاربردها

۵-۷ آرایه خطی یکنواخت و روش های تحقق الگوی بیم

- مدل سیگنال در پردازش سیگنال های آرایه ای
- سیگنالها و آرایه های باندباریک
- روش های تحقق الگوی بیم

۵-۸ تخمین طیف فضایی و Beamformer

- شباهت فیلترینگ زمانی و فضایی
- روش های غیر پارامتری تخمین طیف فضایی (Beamforming و روش Capon)
- روش های پارامتری تخمین طیف فضایی
- تخمین حداکثر درستنمایی (ML) ماتریس کوواریانس از روی مشاهدات آرایه