جدول دروس دکتری رشته ریاضی، گرایش آنالیز عددی- دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعداد کل واحدها: ۳۶ واحد

الف) ۱۲ واحد از جدول زیر به تشخیص گروه ارائه خواهد شد:

ردیف	نام درس	تعداد واحد	پیشنیاز
۱	بنیاد های نظری آنالیز عددی	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۲	مباحث ویژه پیشرفته در آنالیز عددی	۴	اجازه گروه
۳	روش های تکراری برای مسائل ماتریس بزرگ	۴	روش‌های عددی در جبرخطی
۴	جبرخطی عددی و داده‌کاوی	۴	روش‌های عددی در جبرخطی
۵	تقریب داده های پراکنده	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۶	حل عددی معادلات انتگرال تکین و کاربردها	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۷	نظریه روش عناصر متناهی	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۸	روش عناصر مرزی	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۹	روش های عددی در حل معادلات با مشتقات جزئی هذلولوی	۴	حل عددی معادلات با مشتقات معمولی
۱۰	روش های پیشرفته در حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	۴	حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی
۱۱	معادلات انتگرال و دیفرانسیل جبری	۴	حل عددی معادلات دیفرانسیل و حل عددی معادلات انتگرال
۱۲	مسایل وارون در معادلات دیفرانسیل	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۱۳	روش های طیفی	۴	آنالیز عددی پیشرفته – آنالیز حقیقی
۱۴	بنیادهای ریاضی سنجش فشرده	۴	روش‌های عددی در جبرخطی
۱۵	مباحث ویژه در جبر خطی عددی	۴	روش های تکراری برای مسائل ماتریس بزرگ
۱۷	معادلات دیفرانسیل با مشتقات کسری	۴	

ب) ۴ واحد درس مباحث ویژه

پ) ۲۰ واحد رساله

عنوان درس	فارسی	بنیادهای نظریِ آنالیز عددی											
	انگلیسی	Theoretical Foundations of Numerical Analysis											
نوع واحد										تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری							
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			۳	۴۸	آنالیز حقیقی و آنالیز عددی پیشرفته	
حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							

هدف درس: در این درس دانشجویان با فضاهای باناخ و بخصوص هیلبرت آشنا می‌شوند و سپس توزیع‌ها و جواب‌های توزیعی را می‌آموزند. همچنین فضاهای سوبولف و جواب‌های ضعیف معادلات دیفرانسیل را مطالعه می‌کنند. آشنایی با نیمگروه‌ها و کاربرد آنها قسمت دیگر این درس خواهد بود. در انتها در صورتی که زمان اجازه دهد موضوعاتی در آنالیز غیرخطی نیز تدریس خواهد شد. اگرچه اکثر مطالب این درس برای همه دانشجویان گرایش‌های ریاضی کاربردی مفید است اما هدف گذاری آن برای دانشجویان رشته آنالیز عددی با رویکرد حل عددی معادلات دیفرانسیل و معادلات انتگرال است.

ریز مطالب:

مقدمات: فضاهای باناخ، فضایای هان-باناخ، توپولوژی ضعیف، فضاهای ضرب داخلی، فضاهای هیلبرت، قضیه تصویر، قضیه‌ی ریس، دوگان فضاهای هیلبرت، فضاهای L^p.

عملگرها روی فضاهای هیلبرت: تعریف و خواص عملگرهای خطی همراه با تخمین نرم، عملگرهای الحاقی، خودالحاقی و غیره، عملگرهای فشرده، مقادیر و توابع ویژه، عملگرهای بی‌کران، کاربرد آنها در معادلات دیفرانسیل و انتگرال.

نظریه طیفی: نظریه طیفی برای عملگرهای با بعد متناهی و نامتناهی، پایه‌های متعامد و متعامد یکه برای فضاهای هیلبرت، عملگرهای هیلبرت-اشمیت.

توزیع‌ها: توابع تست (Test Functions) و تعریف توزیع (Distribution)، محمل توزیع، پیچش (Convolution) توابع و توزیع‌ها، جواب‌های اساسی (Fundamental Solutions)، تبدیل فوریه در L^1 و L^2، فضای شوارتس، تبدیل فوریه معکوس.

فضاهای سوبولف: تعریف فضاهای سوبولف، تقریب با توابع هموار، فضایای توسیع (Extension)، فضایای جاشانی (Embedding)، فضایای فشردگی، فضاهای دوگان، تعریف فضاهای سوبولف با تبدیل فوریه، فضاهای سوبولف کسری، نامساوی‌های سوبولف، قضیه اثر (Trace).

جواب‌های ضعیف: مسائل تغییراتی، مثال از معادلات بیضوی، منظمی جواب‌های ضعیف (Regularity)، روش گلرکین، قضیه لکس-میلگرام، اصل ماکسیمم، مسائل مقدار ویژه.

نیمگروه‌ها: تعریف و انواع نیم گروه‌ها (از جمله پیوسته یکنواخت و پیوسته قوی)، قضیه هیله-یوشیدا (Hille-Yosida)، قضیه لومر-فیلیپس (Lumer-Philips)، مشخصه‌سازی مولدهای خیلی کوچک (Infinitesimal Generators) نیم گروه‌های C_0، نگاشت نمایی، نیم گروه تحلیلی، مسأله کوشی مجرد همگن و ناهمگن، هموار جواب‌های انتگرالی (Mild Solutions)، رفتارهای مجانی جواب‌ها، مثال از کاربرد نیم گروه‌ها برای معادلات گرما، موج، شرودینگر و غیره.

آنالیز غیرخطی: قضایای نقطه ثابت شامل قضیه نگاشت انقباضی، قضیه براور، قضیه شاودر، قضیه شاوفر، روش‌های تغییراتی و روش گلرکین در مسائل دیفرانسیل غیرخطی، کاربرد در معادلات انتگرال.

مراجع پیشنهادی:

1. R. A., Adams (1975). **Soblev Spaces**, Academic Press, New York.
2. S. Kesavan (1989). **Topics in Functional Analysis**, New Age International (P) Ltd.

3. E. Zeidler (1995). **Applied Functional Analysis, Main Principles and Their Applications,** Springer-Verlag, New York.
4. M. Milan (1998). **Applied Functional Analysis and Partial Differential Equations,** World Scientific Publishing Co., Inc., River Edge, NJ.
5. J. P., Aubin (2000). **Applied Functional Analysis,** 2nd Edition, Pure and Applied Mathematics, Wiley-Interscience, New York.
6. K. Atkinson and W. Han (2009). **Theoretical Numerical Analysis,** A Functional Analysis Framework, 3rd editon, Springer.
7. H. Brezis (2011). **Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations,** Springer.
8. A. Bressan (2012). **Lecture Notes on Functional Analysis: With Applications to Linear Partial Differential Equations,** American Mathematical Society.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه پیشرفته در آنالیز عددی										دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد
	انگلیسی	Special Topics in Numerical Methods												
	نوع واحد													
	پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری							
	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی						
	حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					اجازه گروه	۴۸	۳

درسی است در سطح دکتری در یکی از زمینه‌های تخصصی آنالیز عددی که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم-سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شورای آموزشی و پژوهشی(یا شورای تحصیلات تکمیلی) گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	روش‌های تکراری برای مسائل ماتریسی بزرگ											
	انگلیسی	Iterative Methods for Large Matrix Problems											
نوع واحد										تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری				۳	۴۸	روش‌های عددی در جبرخطی	
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی						
حل تمرین: حداکثر ۲۴ ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف درس: تمرکز اصلی این درس به طور تخصصی بر روی روش‌های عددی حل مسائل مقدار ویژه بزرگ و روش‌های تکراری حل دستگاه معادلات خطی بزرگ و تنک است.

ریز مطالب:

مروری بر پیش نیازهای نظریه ماتریس‌ها و جبر خطی

مسائل مقدار ویژه: ماتریس‌های تنک، نظریه آشفتگی و آنالیز خطا، مروری بر روش‌های توانی، توانی انتقال یافته، تکرار معکوس، روش‌های تهی سازی، روش‌های تصویری عمومی، چند جمله‌ای‌های چبیشف، معرفی تکرار زیر فضای ساده، تکرار زیر فضا با تصویر، نکات عملی در پیاده سازی، نسخه‌های متقارن و غیر متقارن از روش‌های زیر فضای کریلوف، روش‌های آغاز مجدد، روش‌های کریلوف بلوکی، همگرایی فرایند لانچوزو فرایند آرنولدی، روش‌های پیش بهبود سازی، مسائل مقدار ویژه غیر استاندارد.

مسائل دستگاه معادلات خطی: مروری بر گسسته سازی معادلات با مشتقات پاره‌ای با تأکید بر روش‌های تفاضل متناهی، عنصر متناهی، حجم متناهی، ماتریس‌های تنک، نمایش گرافی آنها، جایگشت و مرتب سازی مجدد، کاهش ناپذیری، طرح‌های حافظه‌ای، روش‌های تکراری پایه شامل، ژاکوبی، گاوس- سیدل و SOR به همراه تحلیل همگرایی آنها، روش‌های مستقیم تناوبی، روش‌های زیر فضای کریلوف شامل روش آرنولدی، روش آرنولدی- هاوس هولدر، روش متعامدسازی کامل با نسخه‌های آغاز مجدد، فرایند متعامدسازی ناتمام، روش مینیمم مانده تعمیم یافته GMRES به همراه نسخه‌های مختلف آن، پدیده توقف، آغاز مجدد، الگوریتم لانچوز متقارن، الگوریتم گرادیان مزدوج، الگوریتم‌های مانده مزدوج و مانده مزدوج تعمیم یافته، قضیه فابر، مانتوفل، به همراه تحلیل همگرایی روش‌ها، روش‌های کریلوف بلوکی، متعامد سازی دوگانه لانچوز، الگوریتم گرادیان دومزدوجی، گونه‌های مستقل از ترانهاده، روش‌های مرتبط با معادلات نرمال، تکرارهای پیش بهبود شده و روش‌های پیش بهبود سازی، پیاده سازی موازی، پیش بهبود دهنده‌های موازی، روش‌های چند شبکه‌ای، روش‌های تجزیه دامنه.

مراجع پیشنهادی:

1. J. W. Demmel (1997). **Applied Numerical Linear Algebra**, SIAM.
2. A. Greenbaum (1997). **Iterative Methods for Solving Linear Systems**, SIAM.
3. R. B., Lehoucq, D. C., Sorensen and C. Yang (1998). **ARPACK Users' Guide**, SIAM.
4. E. Anderson et al. (1999). **LAPACK Users' Guide**, SIAM.
5. Y. Saad (2003). **Iterative Methods for Sparse Linear Systems,** 2nd edition, SIAM.
6. H. A., Van der Vorst (2003). Iterative Krylov Methods for Large Linear Systems, Cambridge University Press.
7. C. G., Broyden and M. T., Vespucci (2004). **Krylov Solvers for Linear Algebraic Systems, Krylov Solvers**, Elsevier.
8. Y. Saad (2011). **Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems**, 2nd edition, SIAM.

عنوان درس	فارسی	جبرخطی عددی و داده کاوی									
	انگلیسی	Numerical Linear Algebra and Data Mining									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		۳	۴۸	روش‌های عددی در جبرخطی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف درس: جبر خطی شاخه‌ای از ریاضیات است که به بررسی و مطالعه ماتریس‌ها، بردارها، فضاهای برداری (فضاهای خطی)، تبدیلات خطی و دستگاه‌های معادلات خطی می‌پردازد. جبر خطی کاربردهای فراوان و گوناگونی در ریاضیات و محاسبات گسسته دارد. علاوه بر کاربردهای آن در زمینه‌هایی از ریاضیات همانند جبر مجرد، آنالیز تابعی، هندسه تحلیلی، و آنالیز عددی استفاده‌های وسیعی نیز در فیزیک، مهندسی، علوم طبیعی و علوم اجتماعی پیدا کرده است. در این درس دانشجویان با کاربردهایی از جبر خطی عددی در داده کاوی آشنا می‌شوند.

ریز مطالب:

یادآوری مباحثی از جبر خطی و ماتریس‌ها، روش QR، تقریب با کمترین مربعات، تجزیه ماتریسی: شامل تجزیهٔ مقدارهای منفرد (یا تجزیهٔ مقدارهای تکین) (SVD)، تجزیه ماتریس‌های نامنفی (NMF)، تجزیه ماتریس‌های دودویی (BMF)، روش تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)، روش‌های کاهش رتبه ماتریس، روش زیرفضای کرایلف و تقریب ماتریسی و کاربرد آن در فشرده سازی تصاویر. کاربردها شامل: متن کاوی و بازیابی اطلاعات، خوشه‌بندی و بازیابی اطلاعات، جستجو در وب و مرتبه صفحات وب، تجزیه تانسور، تجزیه و تحلیل داده genetic، تجزیه و تحلیل تصاویر و ...

مراجع پیشنهادی:

1. G. H., Golub and C. Van Loan (1996). **Matrix Computations.**
2. J. W., Demmel (1997). **Applied Numerical Linear Algebra.**
3. T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman (2001). **The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction.**
4. G. Strang (2003). **Introduction to Linear Algebra.**
5. Ch. M., Bishop (2006). **Pattern Recognition and Machine Learning.**
6. L. Edlen (2007). **Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition**, SIAM.

عنوان درس	فارسی	تقریب داده‌های پراکنده										دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد
	انگلیسی	Scattered Data Approximation												
	نوع واحد													
	پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری							
	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی						
	حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					آنالیز عددی پیشرفته و آنالیز حقیقی	۴۸	۳

هدف درس: در این درس دانشجویان با نظریه تقریب چندمتغیره نقاط پراکنده در فضای R^d به کمک هسته‌ها بخصوص توابع پایه شعاعی آشنا می‌شوند. ارتباط این توابع با فضاهای سوبولف (فضاهای بومی) را لمس می‌کنند. همگرایی و پایداری این تقریب‌ها را تجزیه و تحلیل می‌کنند. در سراسر درس هم مباتی نظری و هم برنامه نویسی کامپیوتری مدنظر است.

پیشنیازهای علمی لازم: دانشجو پیش از اخذ این درس لازم است با مقدمات آنالیز تابعی آشنا باشد و تسلط کافی با یکی از نرم افزارهای ریاضی مانند Matlab و یا یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی مانند Fortran یا C داشته باشد.

ریزمطالب:

تقریب با توابع هسته (Kernel function):

بخش اول: توابع معین مثبت، توصیف آنها به کمک تبدیلات فوریه، توابع پایه شعاعی (RBF)، درونیابی با توابع پایه شعاعی؛ توابع یکنوای کامل، توصیف‌های برنشتاین- هاوس هولدر- ویدر و شونبرگ.

بخش دوم: توابع معین مثبت مشروط، توصیف با تبدیل فوریه تعمیم یافته، توابع معین مثبت مشروط شعاعی، توصیف با توابع یکنوا، درونیابی با توابع معین مثبت مشروط شعاعی.

بخش سوم: توابع پایه شعاعی با محمل فشرده، تعریف عملگرهای مشتق و انتگرال برای ساخت توابع Wu و Wendland، توابع محمل فشرده دیگر.

فضاهای بومی (Native spaces) و آنالیز خطا:

بخش اول: فضاهای هیلبرتِ هسته-بازتولید، فضاهای بومی توابع پایه شعاعی و پایه شعاعی مشروط.

بخش دوم: تخمین خطای درونیابی به کمک تابع توان، تخمین خطا بر حسب فاصله تراکم (fill-distance)، اثبات همگرایی طیفی پایه گاوسین و چندربعی، تخمین خطا در فضاهای سوبولف به کمک نابرابری‌های نمونه‌ای.

بخش سوم: بحث در پایداری درونیابی پایه شعاعی، کران‌یابی برای مقادیر ویژه و عدد وضعیت (حالت) ماتریس درونیاب در حالت‌های مختلف.

مراجع پیشنهادی:

1. M. D., Buhmann (2004). **Radial Basis Functions: Theory and Implementations**, Cambridge University Press.
2. H. Wendland (2005). **Scattered Data Approximation**, Cambridge University Press.
3. G. Fasshauer (2007). **Meshfree Approximation Methods with Matlab**, World Scientific.

عنوان درس	فارسی	حل معادلات انتگرال تکین و کاربردها									
	انگلیسی	Solution of Singular Integral Equations and Applications									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		۳	۴۸	آنالیز حقیقی و حل عددی معادلات انتگرال	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف درس:

آشنایی با انواع معادلات انتگرال تکین، کاربردها و روش‌های حل مستقیم و عددی آنها.

ریز مطالب:

- تعریف معادلات انتگرال تکین، انواع آن شامل تکینی (کوشی)، تکینی ضعیف (آبل) و فوق تکینی. کاربردهای آن در مدل‌بندی مسائل فیزیکی.
- تعریف و خاصیت‌های مقدار اصلی کوشی برای انتگرال‌ها و بخش متناهی آدامار، معرفی تبدیلات انتگرالی مانند تبدیل لاپلاس، تبدیل فوریه و تبدیل هیلبرت.
- معرفی و حل معادلات انتگرال آبل و تعمیم‌های آن روی منحنی‌های بسته، معادلات انتگرال لگاریتمی.
- معرفی و حل معادلات انتگرال کوشی نوع اول و دوم روی منحنی‌های بسته و باز و منحنی‌های مجزا، فرمول Plemelj و فرمول Poincare-Bertrand مسائل ریمان- هیلبرت و کاربرد آن در حل معادلات انتگرال تکین، معرفی هسته هیلبرت و معادله انتگرال با هسته هیلبرت.
- معرفی معادلات انتگرال ابرتکین.
- معرفی روش‌های عددی حل معادلات بالا شامل روش‌های طیفی، گالرکین، هم مکانی و روش‌های مبتنی بر فرمول-های انتگرال‌گیری.

مراجع پیشنهادی:

V. V. Ivanov (1976). The Theory of Approximate Methods and Their Applications to the Numerical Solution of Singular Integral Equations, Noordhoff International Publishing Leyden.

R. Estrada and R. P., Kanwal (2000). Singular Integral Equations, Birkhausr Boston.

N. I., Muskhelishvili (2008). Singular Integral Equations, Boundary Problems of Function Theory and Their Application to Mathematical Physics, Dover Publications, Inc.

B. N., Mandal and A. Chakrabarti (2011). Applied Singular Integral Equations, CRC Press.

عنوان درس	فارسی	نظریه روش عناصر متناهی									دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد
	انگلیسی	The Theory of Finite Elements Method											
نوع واحد													
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری					آنالیز عددی پیشرفته و آنالیز حقیقی	۴۸	۳
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی						
حل تمرین: حدکثر ۲۴ ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف درس: تمرکز اصلی این درس بر نظریه روش عناصر متناهی است که در آن به تعریف دقیق عناصر و معرفی انواع مختلف آن بهمراه روند ساخت و تخمین خطای تقریب توابع به وسیله عناصر متناهی می پردازد.

پیشنیازهای علمی لازم: دانشجو پیش از اخذ این درس لازم است با معادلات دیفرانسیل جزئی و پایه‌های آنالیز تابعی آشنا باشد و همچنین درس آنالیز عددی پیشرفته را گذرانده باشد.

ریز مطالب:

فضاهای تابعی: فضاهای ضرب داخلی، فضاهای هیلبرت، فضاهای سوبولف، نامساویهای سوبولف، قضیه اثر (Trace)، فضاهای دوگان، نرم‌های منفی، فضای توابع قطعه‌ای چندجمله‌ای، تصویر متعامد، قضیه نمایش ریس، قضیه لکس- میلگرام.

فرم ضعیف (تغییراتی) مسائل مقدار مرزی: فرم ضعیف مسائل مقدار مرزی، نظریه وجود و یکتایی فرم ضعیف، فرم‌های تغییراتی برای مسائل متقارن و نامتقارن، تخمین رینز-گلرکین و تخمین خطای موضعی.

عنصر متناهی: تعریف و توضیح هر سه قسمت یک عنصر (دامنه عنصر، فضای توابع شکل، مجموعه متغیرهای شبکه)، عناصر متناهی مثلثی (لاگرانژی، ارمیتی، تعمیم به درجات بالاتر)، عنصر مرجع، هم ارزی بین عناصر، عناصر مستطیلی، فضاهای چندجمله‌ای روی عناصر مستطیلی، عناصر چهارضلعی، عناصر متناهی در ابعاد بالاتر، هرم‌ها و مکعب مستطیل‌ها.

نظریه تقریب چندجمله‌ای در فضاهای سوبولف: چندجمله‌ای‌های تیلر میانگینی، نمایش خطا، اثبات تخمین خطا در نرم-های سوبولف، کران‌های پتانسیل ریس، لم برامبل- هیلبرت، تخمین خطای درونیابی، تخمین‌های معکوس، تقریب چندجمله-ای ضرب تانسوری، تقریب چندجمله‌ای ایزوپارامتریک.

آنالیز روش برای مسائل مقدار مرزی: فرم تغییراتی برای مسائل بیضوی، انواع شرایط مرزی، فرمول، آنالیز خطای پیشین در نرم انرژی (قضیه Cea) و استدلال دوگانی و تخمین در نرم L_2 . آنالیز خطای پسین در نرم انرژی، تخمین منظمی بیضوی (Eliptic Regularity)، حل معادله بیضوی کلی، تخمین در نرم های منفی، تخمین خطا در نرم های L_p و بخصوص نرم ماکزیمم.

مباحث تکمیلی: روش‌های عنصر متناهی چندشبکه‌ای و پیش شرط سازها، روش‌های عنصر متناهی تطبیقی

مراجع پیشنهادی:

1. M. Ainsworth and J. T. Oden (2000), **A Posteriori Error Estimation in Finite Element Analysis**, John Wiley & Sons.
2. D. Braess (2007). **Finite Elements, Theory, Fast Solvers, and Applications in Elasticity Theory**, Cambridge Uni. Press, 3rd. Ed.
3. S. C. Brenner, L. R. Scott (2008). **The Mathematical Theory of Finite Element Methods**, Springer, 3rd. Ed.
4. P. G. Ciarlet (1978). **The Finite Element Method for Elliptic Problems,** North-Holland.
5. M. S. Gockenbach (2006). **Understanding and Implementing the Finite Element Method**, SIAM.
6. G. Strang, G.J. Fix (1973). **An Analysis of the Finite Element Method**, Prentic-Hall.

عنوان درس	فارسی	روش عناصر مرزی									
	انگلیسی	Boundary Elements Method									
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد								
			پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی	
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۳	حل تمرین: ندارد								
	نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد										

هدف درس: در این درس دانشجویان با نظریه و کاربرد روش عناصر مرزی برای حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای بیضوی و سهموی خطی و غیرخطی آشنا می‌شوند.

ریز مطالب :

روشهای مانده وزنی: روش هم محلی، روش گالرکین و روش زیر دامنه.

جواب اساسی: تابع دلتای دیراک، مفهوم جواب اساسی یک معادله، جواب اساسی معادله لاپلاس دو بعدی و سه بعدی، جواب اساسی معادله هلم هولتز و معادله گرما.

قضیه گرین و تبدیل معادله دیفرانسیل به یک معادله انتگرال، گسسته سازی معادله.

فرمولبندی روش عناصر مرزی برای معادلات دیفرانسیل معمولی

انواع عناصر مرزی: عناصر ثابت، عناصر خطی، عناصر درجه دوم و بالاتر، عناصر پیوسته و ناپیوسته، آشنایی با عناصر مرزی سه بعدی. فرمول‌بندی روش عناصر مرزی برای معادلات همگن و حالت خاص معادله لاپلاس دو بعدی با انواع عناصر ثابت، خطی و درجه دو.

کاربرد توابع گرین در فرمول‌بندی روش عناصر مرزی

روش عناصر مرزی برای معادلات غیر همگن: روش جواب خصوصی، روش محاسبه انتگرال‌های دامنه‌ای، روش بردار گالرکین و DRM.

روش تقابل دوگان (DRM): آشنایی با توابع پایه شعاعی (RBFs)، درونیابی با توابع پایه شعاعی.

فرمولبندی روش تقابل دوگان برای معادلات دیفرانسیل بیضوی.

روش عناصر مرزی برای حل معادلات دیفرانسیل غیر خطی.

روش عناصر مرزی برای معادلات سهموی: روش گام‌های زمانی، روش ترکیبی تفاضل‌های متناهی عناصر مرزی، روش جواب اساسی وابسته زمانی، روش تقابل دوگان برای معادلات وابسته زمانی.

مراجع پیشنهادی:

1. P. W., Partridge, C. A., Brebbia and L. C., Wrobel (1991). **The Dual Reciprocity Boundary Element Method**, Computational mechanics publications, Southampton Boston.
2. C. A., Brebbia and J. Dominguez (1998). **Boundary Element Method an Introductory Course,** Computational mechanics publications and McGraw-Hill Book Company.

3. P. Hunter (2001). **FEM/BEM notes**, Department of Engineering Science, The University of Auckland, New Zealand.
4. M. D., Buhmann (2003). **Radial Basis Functions: Theory and Implementations**, Cambridge University Press, Cambridge.
5. J. T., Katsikadelis (2016). **The Boundary Element Method for Engineers and Scientists: Theory and Applications**, Academic Press, 2nd edition.

عنوان درس	فارسی	روش‌های عددی در حل معادلات با مشتقات جزئی هذلولوی														دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد
	انگلیسی	Numerical Methods for Hyperbolic PDEs																
	نوع واحد																	
	پایه				اصلی				تخصصی				اختیاری					
	نظری	عملی			**نظری**	عملی			نظری	عملی			نظری	عملی				
	حل تمرین: ندارد				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد													

حل عددی معادلات با مشتقات معمولی | ۴۸ | ۳

هدف درس: در این درس، دانشجویان با روش‌های عددی در حل معادلات با مشتقات جزیی از نوع هذلولوی اعم از معادلات موج تا معادلات دینامیک گاز و قوانین بقا آشنا می‌گردند. روش‌های اصلی مطرح شده در این درس روش‌های حجم متناهی شامل TVD، ENO و WENO هستند.

پیشنیازهای علمی لازم: دانشجو پیش از اخذ این درس لازم است با روش‌های عددی در حل معادلات با مشتقات معمولی آشنا باشد و تسلط کافی با یکی از نرم افزارهای ریاضی مانند Matlab و یا یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی مانند Fortran یا C داشته باشد.

ریز مطالب:

- معرفی معادلات هذلولوی، بقا و مدل‌سازی شار در فیزیک و مهندسی.
- معادلات انتقال خطی بعد یک: مشخصه‌ها، تخمین‌های انرژی و طرح‌های خلاف جهت باد (upwind).
- قوانین بقای اسکالر: شوک‌ها، rarefactions، جواب‌های مساله ریمان، جواب‌های ضعیف و آنتروپی، روش‌های حجم متناهی از نوع Godunov، Engquist-Osher و Lax-Friedrichs. همگرایی روش‌های یکنوا (monotone) و روش‌های E-schemes.
- روش‌های مرتبه دوم: Lax-Wendroff، روش‌های TVD، محدودکننده‌ها و روش‌های رونگه-کوتا با پایداری بالا.
- دستگاه‌های خطی: روش‌های صریح، تخمین‌های انرژی، روش‌های حجم متناهی مراتب اول و بالاتر.
- دستگاه‌های غیرخطی: Hugoniot Locus و منحنی‌های انتگرال، جواب‌های صریح ریمان برای معادلات اویلر و آب کم عمق (Shallow-Water).

مراجع پیشنهادی:

1. E. Godlewski and P. A., Raviart (1991). **Hyperbolic Systems of Conservation Laws**, Ellipses, Paris.
2. R. J. LeVeque (2002). **Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems**, Cambridge University Press.
3. H. Holden and N.H., Risebro (2011). **Front Tracking for Hyperbolic Conservation Laws**, Springer.

عنوان درس	فارسی	روش‌های پیشرفته در حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی													
	انگلیسی	Advanced Techniques in Numerical Solution of ODEs													
نوع واحد												تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری						۳	۴۸	حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی								
حل تمرین: ندارد								نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف درس: مدل ریاضی بسیاری از پدیده‌های فیزیکی و مسائل مهندسی به شکل معادلات دیفرانسیل معمولی هستند که برای حل عددی روش‌های خاصی را می‌طلبند. در این درس ضمن آشنایی با مفاهیم بیشتری از روش‌های حل عددی ODEs، خانواده روش‌های خطی عمومی معرفی می‌شود که قالبی کلی برای روش‌های متعارف (از جمله روش‌های رونگه-کوتا، چندگامی خطی و پیوندی) بوده و همچنین ساخت روش‌هایی با ویژگی‌های برتر را ممکن می‌سازد که در دسته روش‌های متعارف قرار نمی‌گیرند. روش‌های ساخت و پیاده‌سازی این دسته از روش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ریز مطالب:

- مفاهیم A- پایداری، L- پایداری، A(α)- پایداری و G- پایداری؛
- ساخت روش‌های رونگه-کوتا با استفاده از درختان ریشه‌دار؛
- تخمین خطا و پیاده‌سازی روش‌های رونگه-کوتا با طول گام متغیر؛
- روش‌های رونگه-کوتای دوگامی و روش‌های رونگه-کوتا با مشتق دوم؛
- روش‌های چندگامی با مشتقات بالاتر (روش‌های ابرشکف) و نقاط جلوتر؛
- روش‌های خطی عمومی (GLMs)، مفاهیم پیش‌سازگاری، سازگاری، صفر- پایداری و همگرایی آنها؛
- معرفی GLMs با خواص پایداری رونگه-کوتا و پایداری درجه دوم؛
- فرم نردسیک GLMs و ساخت روش‌های کارا از این دسته از روش‌ها؛
- تخمین خطا و پیاده‌سازی GLMs با طول گام متغیر؛
- معرفی روش‌های خطی عمومی با مشتق دوم (SGLMs) و بررسی خواص آنها.

مراجع پیشنهادی:

1. E. Hairer, S. P., Norsett and G. Wanner (2008). **Solving Ordinary Differential Equations II, Nonstiff Problems**, Springer.
2. Z. Jackiewicz (2009). **General Linear Methods for Ordinary Differential Equations**, Wiley.
3. E. Hairer and G. Wanner (2010). **Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential Algebraic Problems**, Springer.
4. J. C. Butcher (2016). **Numerical Methods for Ordinary Differential Equations,** 3rd edition, John Wiley & Sons.

عنوان درس	فارسی	معادلات انتگرال و دیفرانسیل جبری										دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد
	انگلیسی	Integral and Differential Algebraic Equations												
	نوع واحد													
	پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری							
	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی						
	حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد									حل عددی معادلات دیفرانسیل و حل عددی معادلات انتگرال	۴۸	۳

هدف درس: بررسی دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل و انتگرال با ماتریس ضرایب (ژاکوبین) منفرد موسوم به معادلات دیفرانسیل و انتگرال جبری است. یافتن معادله یا قیود جبری و معمولی و همچنین شرایط اولیه‌ای که در معادله دیفرانسیل (انتگرال) و معادله جبری متناظر صدق کند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این درس، ضمن بررسی هر دسته از این معادلات به بررسی مفاهیم کلیدی از جمله مفهوم "شاخص" می‌پردازیم که بیانگر ساختار ریاضی و ماهیت عملگر ریاضی موجود در معادله بوده و ضمن تبیین ارتباطات بین معادلات دیفرانسیل (معمولی و جبری) و معادلات انتگرال جبری به حل عددی هر دسته از این معادلات و جزییات مربوط می‌پردازیم.

ریز مطالب:

تعریف و خواص معادلات دیفرانسیل جبری: تقسیم بندی (خطی، غیر خطی، نیمه صریح، ضمنی کامل، هسنبرگی، با شاخص بالا، بیان برخی کاربردها، ارتباط معادلات دیفرانسیل جبری با معادلات دیفرانسیل معمولی، قضیه‌های وجود و یکتایی جواب، پدیده Drift off.

مفهوم شاخص (index): شاخص کرونکر، شاخص مشتق گیری، شاخص tractable، شاخص اختلال، شاخص هندسی، مفاهیم تقلیل شاخص، Decoupling و پایداری.

روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل جبری: روش هم محلی، روش‌های رونگه-کوتا، روش مشتق پیشین (BDF) چند مرحله‌ای، روش‌های چندگامی خطی و بررسی تحلیل خطا و آنالیز پایداری.

تعریف و خواص معادلات انتگرال جبری: تقسیم بندی، معادلات انتگرال نوع سوم و چهارم، معادلات انتگرال جبری با هسته‌های هموار، معادلات انتگرال جبری با هسته‌های منفرد ضعیف، مفهوم Matrix Pencil، خاصیت هموار سازی از مرتبه V برای یک عملگر انتگرالی ولترا و تعریف مسأله V- هموار، بدوضعی معادلات انتگرال جبری.

بررسی امکان سنجی تبدیل معادلات دیفرانسیل جبری و معادلات انتگرال جبری به یکدیگر

روش‌های حل عددی معادلات انتگرال جبری: روش هم محلی، روش‌های چندگامی خطی، روش‌های طیفی و بررسی تحلیل خطا و آنالیز پایداری.

معادلات انتگرال- دیفرانسیل جبری.

مراجع پیشنهادی:

1. C. W., Gear (1990). **Differntial Algebraic Equations, Indices, and Integral Algebraic Equations**, SIAM J. Numer. Anal. 27, 1527-1534.
2. E. Hairer and G. Wanner (1996). **Solving Ordinary Differential Equations. II. Stiff and Differential-Algebraic Problems**, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin.
3. K. E., Brenan, S. L., Campbell and L. R., Petzold (1996). **Numerical Solutions of Initial-Value Problems in Differential Algebraic Equations**, SIAM, Philadelphia, PA.

4. U. M., Ascher and L. R., Petzold (1988). **Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations**, SIAM Philadelphia, PA.
5. H. Brunner (2004). **Collocation Methods for Volterra Integral and Related Functional Differential Equations**, Cambridge University Press.
6. P. Kunkel and V. Mehrmann (2006). **Differential-Algebraic Equations: Analysis and Numerical Solution**, EMS Publishing House, Zurich, Switzerland.
7. R. Riaza (2008). **Differential-Algebraic Systems: Analytical Aspects and Circuit Applications**, World Scientific, Singapore.
8. R. Lamour, R. März and C. Tischendorf (2013). **Differential-Algebraic Equations: A Projector Based Analysis**, Springer-Verlag, Berlin.

عنوان درس	فارسی	مسائل وارون در معادلات دیفرانسیل									
	انگلیسی	Inverse Problems in Differential Equations									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			۳	۴۸	آنالیز حقیقی، آنالیز عددی پیشرفته
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					

هدف درس:

مدلهای ریاضی سیستم‌های فیزیکی معمولاً با (دستگاه) معادلات دیفرانسیل توصیف می‌شوند. با داشتن اطلاعاتی از مسئله طبیعی می‌توان معادله دیفرانسیل حاکم را برای یافتن و پیشبینی جواب حل کرد. این را اگر یک "مسئله مستقیم" بنامیم، یک "مسئله وارون" به صورت زیر بیان می‌شود: با داشتن اطلاعات و اندازه‌گیری‌هایی از جواب، خصوصیاتی از سیستم مانند ضرایب معادله، ناحیه و مرز تحت بررسی، داده های مرزی، داده‌های اولیه و غیره را بازسازی کنید یا حدس بزنید. مسائل وارون، که عموماً مسائلی بدوضع هستند، کاربردهای زیادی در فیزیک و مهندسی دارند. هدف این درس مطالعه این مسائل در حوزه معادلات دیفرانسیل و ارائه روش‌هایی محاسباتی برای حل آنهاست.

پیش زمینه‌های علمی: آشنایی با معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، جبرخطی و جبرخطی عددی، تبدیلات فوریه، آنالیز تابعی پایه‌ای، روش‌های عددی کلاسیک.

ریز مطالب:

آشنایی با مسائل وارون: ارائه مثالهایی از مسائل وارون و تفاوت آنها با مسائل مستقیم، بدوضعی و مثالهایی از مسائل بدوضع،
منظم سازی: نظریه کلی منظم سازی برای مسائل خطی بدوضع، منظم سازی تیخونوف، روش تکرار لندوبر (Landweber) ، روش گرادیان مزدوج برای مسائل غیرخطی،
منظم سازی با گسسته سازی: روش‌های تصویری مانند روش گلرکین، روش نکوس-گیلبرت،
مسئله مقدار ویژه وارون: مسئله مقدار ویژه در معادلات دیفرانسیل معمولی، رفتار مجانبی مقادیر و توابع ویژه، یکتایی مسئله وارون، ارتباط با مسائل تعیین پارامتر، مسائل طیفی وارون، کاربرد در پردازش تصویر،
مسائل وارون در معادلات دیفرانسیل جزئی: مسئله کوشی و بحث وجود و یکتایی و بدوضعی، برخی از مسائل وارون در معادلات دیفرانسیل بیضوی، سهموی و هذلولوی، روش‌های عددی در حل این مسائل
نظریه پراکنش وارون (Inverse scattering): بررسی مسئله پراکنش مستقیم و وجود و یکتایی جواب آن، رفتار مجانبی میدان پراکنش، الگوی میدان دور (Far field pattern)، معرفی مسئله پراکنش وارون، بازسازی اطلاعات از روی الگوی میدان دور.

مراجع پیشنهادی:

1. Victor Isakov, **Inverse Problems for Partial Differential Equations,** 2nd edition, Springer, 2006.
2. Andreas Kirsch, **An Introduction to the Mathematical Theory of Inverse Problems,** 2nd edition, Springer, 2011.
3. Graham M. L. Gladwell, **Inverse Problems in Vibration,** 2nd edition, Kluwer Academic Publishers, Springer, 2004.

عنوان درس	فارسی	روش‌های طیفی								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
	انگلیسی	Spectral Methods										
	نوع واحد											
	پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری					
	نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
	حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد									

هدف درس:

خانواده‌ی روش‌های طیفی یکی از پنج خانواده‌ی روش‌های اصلی و بزرگ برای حل معادلات دیفرانسیل (معمولی و جزئی) در آنالیز عددی است که از دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی به صورت جدی وارد ادبیات موضوع شد. روش‌های طیفی برای بدست آوردن جوابهایی با دقت عموماً نمایی (طیفی) برای حل مسائلی با جواب‌های هموار به کار می‌روند. هدف این درس مطالعه این روش‌ها و نحوه بکارگیری آن‌ها در حل معادلات دیفرانسیل است. خواننده می‌تواند پس از آن نحوه اعمال روش بر روی انواع دیگر معادلات مثلاً معادلات انتگرال را هم مطالعه نماید.

پیش زمینه‌های علمی: آشنایی با معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، آشنایی با نظریه تقریب و تقریب با چندجمله‌ایها، فرمول‌های انتگرال‌گیری، آشنایی با جبرخطی عددی، آنالیز تابعی پایه‌ای.

ریز مطالب:

بخش اول (تقریب‌های چندجمله‌ای)

بسط فوریه پیوسته، بسط فوریه گسسته، همگرایی و پایداری بسط‌های فوریه، همگرایی طیفی، پدیده گیبس، تبدیل فوریه سریع، چندجمله‌ایهای متعامد، مسائل اشتورم-لیوویل منظم و منفرد، چندجمله‌ایهای لژاندر، چبیشف، ژاکوبی، لاگر، هرمیت، بهترین تقریب‌های چندجمله‌ای، آنالیز خطای درونیابی و تقریب برشی و بهترین تقریب چندجمله‌ای در نرم‌های سوبولف، فرمول‌های گاوسی و آنالیز خطای آنها در نرم‌های سوبولف، تقریب های چندجمله‌ای طیفی در ابعاد بالاتر، تقریب ضرب دکارتی (یا تانسوری)، محاسبه مشتقات چندجمله‌ایها (به صورت مستقیم، به کمک ضرب ماتریسی، به کمک روشهای تبدیلی).

روش‌های طیفی در حل معادلات دیفرانسیل: فرم‌های قوی و ضعیف، روش هم‌مکانی طیفی، روش گلرکین طیفی، روش گلرکین طیفی با انتگرالگیری عددی، اعمال شرایط مرزی، روش تاو، پدیده هم‌اثری (aliasing) و روشهای حذف آن، آنالیز خطا برای انواع معادلات، روشهای طیفی روی دامنه های نامتناهی، روش های طیفی انتقال یافته و توابع گویا، روشهای طیفی در دامنه های چندبعدی.

روش‌های شبه طیفی: ماتریسهای مشتق، مقادیر ویژه ماتریس های مشتق، ارتباط با تفاضلات متناهی، ارتباط با روشهای هم مکانی طیفی و گلرکین طیفی، همگرایی روش‌های شبه طیفی برای جوابهای بینهایت-هموار و متناهی-هموار، هزینه های محاسباتی و مقایسه با روشهای دیگر مانند تفاضل متناهی.

روشهای حل دستگاه‌های معادلات جبری نهایی: روش‌های مستقیم، روش های تکراری، پیش شرط سازی.

روشهای المان طیفی: تجزیه دامنه، تقریب‌های طیفی روی مثلث، انواع نقاط، کرانهای خطا، پیاده‌سازی روش.

2. John P. Boyd, **Chebyshev and Fourier Spectral Methods,** Dover Publications, 2000.
3. Bengt Fornberg, **A Practical Guide to Pseudospectral Methods**, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
4. C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni and T.A. Zang, **Spectral Methods-Fundamental in Single Domains,** Springer-Verlag, New York, 2006.
5. C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni and T.A. Zang, **Spectral Methods-Evolution to Complex Geometries and Applications to Fluid Dynamics,** Springer-Verlag, New York, 2007.
6. George Em. Karniadakis and Spencer J. Sherwin, **Spectral h-p Element Methods for CFD,** New York, Oxford University Press, 1999.
7. David A. Kopriva **Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations Algorithms for Scientists and Engineers,** Springer-Verlag, 2009.
8. Jan S. Hesthaven, Sigal Gottlieb, David Gottlieb, **Spectral Methods for Time-Dependent Problems,** Cambridge University Press, 2007.
9. David Gottlieb, Steven A. Orszag **Numerical analysis of spectral methods: theory and applications**, SIAM, Philadelphia Pa, 1993.
10. J. Shen, T. Tang, **Spectral and High Order Methods with Applications**, Science Press, China, 2006.

عنوان درس	فارسی	بنیادهای ریاضی سنجش فشرده											
	انگلیسی	The Mathematical Foundations of Compressed Sensing											
نوع واحد										تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری				۳	۴۸	روش‌های عددی در جبرخطی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی						
حل تمرین: ندارد						نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							

هدف درس:

در بسیاری از مدل سازی‌های مسائل کاربردی علوم، مهندسی، فناوری و .... دستگاه‌های بزرگ معادلات خطی و غیرخطی به وجود می‌آیند. برای مثال، جهت شبیه سازی ساختار سیالات در مقیاس بزرگ ممکن است حل کننده‌های خطی و غیرخطی پیچیده به کار برده شود و یا الگوریتم رتبه‌بندی وب سایت گوگل منجر به حل دستگاه‌های خطی با میلیاردها مجهول گردد. دستگاه‌های معادلات خطی به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ معین و نامعین. به دستگاه خطی که تعداد مجهول‌ها از تعداد معادلات بیشتر باشد، دستگاه نامعین (undetermined) گفته می‌شود. در چنین حالتی دستگاه ممکن است بی‌نهایت پاسخ داشته باشد. معمولاً هدف یافتن پاسخی است که تعداد مؤلفه‌های غیر صفر آن از یک مقدار مشخص کمتر باشد. سنجش فشرده (CS) روش‌هایی برای یافتن چنین پاسخ‌ها از یک دستگاه خطی نامعین است. در این درس دانشجویان با این مبحث و روش‌های جدید حل چنین دستگاه‌هایی آشنا می‌شوند.

ریز مطالب:

مقدمه‌ای بر CS، روش‌های حل دستگاه‌های خطی نامعین، تنکی، آشنایی با الگوریتم‌های مقدماتی برای حل دستگاه‌های خطی نامعین شامل: روش‌های بهینه‌سازی، روش‌های مبتنی بر آستانه گذاری، روش‌های حریصانه. خاصیت فضای پوچ، پایداری، بازیابی بردارها، ماتریس‌های بازیابی رتبه پایین، تعریف چسبندگی (coherence)، ماتریس‌های با چسبندگی کوچک. خاصیت طول پای محدود شده (RIP) و کاربرد آن در سنجش فشرده. مقدمه‌ای بر نظریه قاب‌ها و کاربردهای آن در سنجش فشرده. کاربردهایی از سنجش فشرده در پردازش سیگنال و تصویر.

مراجع پیشنهادی:

1. Y. Eldar and G. Kutyniok (2012). **Compressed Sensing:Theory and Applications,** Cambridge University Press.
2. S. Foucart and H. Rauhut (2013). **A Mathematical Introduction to Compressive Sensing,** Birkhäuser Basel.

دانشگاه سیستان و بلوچستان دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر گروه آموزشی: ریاضیات و کاربردها	**فرم طرح درس دکتری**	نام درس: مباحث ویژه در جبرخطی عددی تعداد واحد: ۴ دروس پیش‌نیاز: مباحثی در روش‌های عددی در جبرخطی

هدف از ارائه درس	بیان کاربردهاي جبرخطي عددي در رياضيات، فيزيك، مهندسي، داده كاوي و...		**نحوه ارزیابی**	
منابع و مراجع درس	۱	G. H. Golub and C. Van Loan (1996). Matrix Computations	**میان ترم**	**۸ نمره**
	۲	J. W. Demmel (1997). Applied Numerical Algebra	**پایان ترم**	**۸ نمره**
	۳	T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman (2001), The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction	**آزمون**	**۲ نمره**
	۴	L. Edlen (2007). Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition, SIAM	**تمرین**	**۱ نمره**
	۵	Y. Saad (2003). Iterative Methods for Sparse Linear Systems, 2nd edition, SIAM.	**پروژه**	**۱ نمره**

سرفصل مطالب و زمانبندی ارائه درس

مطالب ارائه شده در هفته	**عنوان جلسات**
۱	روش‌های تصویری- تعاریف پایه‌ای و الگوریتم‌ها
۲	روش‌های تصویری کلی- نمایش ماتریسی
۳	نتایج نظری (نتایج بهینگی- کران خطا)
۴	فرایندهای تصویری یک بعدی (تندترین کاهش- MR- تندترین کاهش نرم مانده)
۵	روش‌های زیرفضای کریلف (روش آرنولدی- GMRES-FOM)
۶	روش‌های زیرفضای کریلف (FOM با شروع مجدد-GMRES با شروع مجدد)
۷	روش‌های زیرفضای کریلف (IOM- DIOM)
۸	محاسبه تقریبی مقادیر ویژه به کمک ضرایب تولید شده در الگوریتم گرادیان مزدوج
۹	روش مانده مزدوج- روش مانده مزدوج تعمیم یافته
۱۰	روش‌های ORTHOMIN و ORTHODIR
۱۱	چندجمله‌ای‌های چبیشف حقیقی و مختلط
۱۲	همگرایی روش‌های گرادیان مزدوج و GMRES
۱۳	روش‌های گرادیان دومزدوج و QMR
۱۴	الگوریتم‌های CGS و BICGSTAB
۱۵	روش TFQMR - معادلات نرمال
۱۶	روش‌های تصویری سطری

سرفصل درس معادلات ديفرانسيل با مشتقات كسرى

فصل اول: مقدمات و انگيزش حسابان كسري

فصل دوم: معرفي توابع پايه اي در حسابان كسري

فصل سوم: معرفي انواع انتگرال ها و مشتق هاي كسري و و روابط بين آنها

فصل چهارم: وجود و يكتايي جواب مسائل مقدار اوليه كسري براى انواعى از مشتقات كسرى

فصل چهارم: بررسي وجود و يكتايي جواب معادلات ديفرانسيل كسري مرزي

فصل پنجم: روش هاي صريح براى حل معادلات ديفرانسيل كسري

فصل ششم: بررسي روش هاي تحليلي معادلات ديفرانسيل كسري

فصل هفتم: بررسي روشهاي عددى و تركيبي براي معادلات ديفرانسيل كسري

منابع:

1. Igor Podlubny, Fractional Differential Equations, Vol. 198, Academic Press, Mathematics in Science and Engineering, (1998)
2. A. Kilbas, H. Srivastava, J. Trujillo, Theory and applications of fractional differential equations, Elsevier, 2006.
3. Kai Diethelm, The Analysis of Fractional Differential Equations, Springer, 2004.