



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی



برنامه درسی رشته

ریاضی

Mathematics

مقطع دکتری تخصصی

کرایش

کاربردی Applied



گروه علوم پایه

پیشهادی دانشگاه صنعتی شیراز



بیت

نام رشته: ریاضی

عنوان گرایش: کاربردی

گروه تحصیلی: علوم پایه

دوره تحصیلی: دکتری تخصصی

زیرگروه تحصیلی: علوم ریاضی

نوع مصوبه: تدوین

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی شیراز

تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۳/۱۶

برنامه درسی تدوین دوره دکتری تخصصی رشته ریاضی گرایش کاربردی، پیشنهادی دانشگاه صنعتی شیراز، به استناد مصوبه جلسه شماره ۸۶۱ تاریخ ۱۳۹۴/۰۳/۱۶ شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی به شرح زیر تایید شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب برنامه درسی یاد شده در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

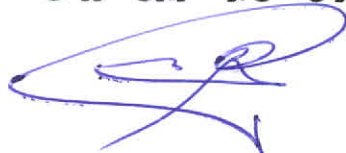
ماده دو- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده سه- این برنامه درسی از تاریخ تصویب به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر قاسم عموعابدینی

معاون آموزشی

و دبیر شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی



دکتر رضا نقی‌زاده

مدیر کل دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی





جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی



دانشگاه صنعتی شیراز

مخضات کلی، برنامه و سرفصل دروس

ریاضی گرایش کاربردی

Applied Mathematics

مقطع دکتری

دانشکده ریاضی

پیشنهادی دانشگاه صنعتی شیراز



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



ریاضی کاربردی یکی از رشته‌ها در مجموعه علوم ریاضی است که به پیشبرد روش‌های ریاضی برای استفاده در زمینه‌های گوناگون علوم و مهندسی می‌پردازد.

تعریف

دوره دکتری ریاضی کاربردی یکی از دوره‌های آموزشی و پژوهشی در سطح تحصیلات تکمیلی در نظام آموزشی عالی کشور است که پس از دوره کارشناسی ارشد آغاز و به اعطای مدرک رسمی دانشگاهی در مقطع دکتری در رشته ریاضی کاربردی می‌انجامد و از نظر اجرایی تابع ضوابط، مقررات و آیین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) است.

هدف

اهداف اصلی این دوره عبارتند از:

- ۱- پژوهش در زمینه‌های نظری ریاضیات کاربردی و توسعه علم.
- ۲- تامین نیازهای نهادها و سازمان‌های علمی، آموزشی و پژوهشی با توجه به اولویت‌های کشور.
- ۳- تربیت متخصصین در حوزه ریاضیات کاربردی.

اهمیت و ضرورت

با توجه به پیشرفت علوم گوناگون و ظهور زمینه‌های مختلف در ریاضی کاربردی در دهه اخیر و پیدایش و گسترش ریاضی کاربردی در سایر رشته‌ها، هدف از دوره دکتری ریاضی کاربردی تربیت پژوهش‌گرانی است که قادر به انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در سطح مرزهای دانش باشند و همچنین بتوانند سطح کیفی و کمی پژوهش در زمینه ریاضیات را در کشور ارتقا دهند.

نقش و توانایی فارغ‌التحصیلان

تربیت متخصصین در حوزه ریاضیات کاربردی که:

- الف) قادر باشند مدل ریاضی برخی از مسایل که با آن روبرو می‌شوند را بنویسند.
- ب) توانایی مشاوره به سایر دانشجویان علوم و مهندسی را در گرایش تخصصی خود داشته باشند.
- ج) توانایی کدنویسی و کار با نرم‌افزارهای تخصصی گرایش خود را داشته باشند.
- د) قادر به پژوهش در مسایل روز رشته ریاضی کاربردی در سطح مرزهای دانش باشند.

طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری ریاضی کاربردی مطابق با آیین‌نامه جاری دوره دکتری وزارت عتف است.



نحوه انتخاب درس‌ها

تعداد واحدهای درسی دوره دکتری ریاضی کاربردی ۳۶ واحد به قرار زیر است که با تایید استاد راهنما اخذ می‌گردند.

دروس تخصصی

دانشجو موظف به گذراندن ۱۲ واحد از یکی از جدول‌های دروس تخصصی شماره ۱ یا ۲ به پیوست با رعایت تبصره‌های زیر می‌باشد:

تبصره ۱: با نظر استاد راهنما، دانشجو می‌تواند حداکثر ۱ درس را از بین دروس سایر برنامه‌های دوره دکتری دانشگاه اختیار نماید.

تبصره ۲: در صورتی که دانشجو برخی دروس پیش‌نیاز برای اخذ دروس تخصصی دوره دکتری ریاضی کاربردی را در دوره کارشناسی ارشد خود نگذرانده باشد، با تشخیص استاد راهنما و تایید گروه، موظف است دروس پیش‌نیاز مورد نیاز را مازاد بر دروس دکتری با رعایت سایر مقررات دانشگاه بگذراند.

تبصره ۳: گروه‌های مجری می‌توانند درس‌های جدیدی را به عنوان درس تخصصی مطابق با روال جاری دانشگاه مصوب و ارایه دهند.

رساله

۲۴ واحد.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول ۱: دروس تخصصی زمینه تحقیق در عملیات

۱	مباحثی در کنترل بهینه غیر خطی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۲	داده کاوی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۳	مباحثی در طراحی شکل بهینه	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۴	تحلیل پوششی داده‌ها	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۵	برنامه ریزی استوار	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۶	مباحثی در برنامه ریزی چندهدفی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۷	مباحثی در بهینه سازی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۸	بهینه سازی فازی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۹	مباحثی در محاسبات نرم	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۱۰	برنامه ریزی حمل و نقل پیشرفته	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۱۱	برنامه ریزی چندهدفی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۱۲	نظریه کنترل بهینه پیشرفته	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۱۳	محاسبات نرم پیشرفته	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۱۴	کنترل بهینه غیر خطی	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-
۱۵	مباحث ویژه	۴	۴	۴	-	۶۴	-	-

جدول ۲: دروس تخصصی زمینه آنالیز عددی

۱	حل عددی معادلات انتگرال تکین و کاربردها	۳	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲	حل عددی معادلات دیفرانسیل و انتگرال تاخیری	۳	۳	۳	-	۴۸	-	-
۳	نظریه روش عناصر متناهی	۳	۳	۳	-	۴۸	-	-



مقطع دکتری ریاضی گرایش کاربردی / ۷

۴	روش‌های پیشرفته در حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۵	روش‌های پیشرفته در حل عددی مسائل مالی	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۶	روش‌های طیفی	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۷	مباحثی در معادلات دیفرانسیل کسری	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۸	نظریه تقریب	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۹	مباحثی در آنالیز عددی	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۰	معادلات انتگرال و دیفرانسیل جبری	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۱	نظریه موجک	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۲	تقریب داده‌های پراکنده	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۱۳	روش‌های محاسباتی پیشرفته در پردازش تصویر	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۴	محاسبات علمی	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۵	مباحثی در حل معادلات دیفرانسیل	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۶	مسائل وارون در معادلات دیفرانسیل	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۷	روش‌های حل مسائل ماتریسی بزرگ	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۸	روش‌های عددی در قوانین بقا	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۱۹	مدل‌سازی ریاضی با معادلات دیفرانسیل	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۲۰	حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۲۱	دینامیک سیال محاسباتی	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۲۲	بنیادهای نظری آنالیز عددی	۳	۳	-	-	۴۸	-	-
۲۳	جبر خطی عددی و داده کاوی	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۲۴	نظریه معادلات انتگرالی	۴	۴	-	-	۶۴	-	-
۲۵	مباحث ویژه پیشرفته در آنالیز عددی	۳	۳	-	-	۴۸	-	-



فصل سوم

ویژگی‌های دروس



عنوان درس به فارسی: مباحثی در کنترل بهینه غیرخطی		عنوان درس به انگلیسی:	
نوع درس و واحد		Topics in Nonlinear Optimal Control	
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

هدف کلی:

توصیف و تحلیل پایداری سیستم‌های غیرخطی و طراحی برخی کنترل کننده‌ها برای این گونه سیستم‌ها.

مباحث یا سرفصل‌ها:

آنالیز سیستم‌های غیرخطی در صفحه فاز: معرفی پرتره فاز، نقاط تعادل، سیکل حدی، آنالیز صفحه فاز سیستم خطی شده. نظریه لیاپانوف: مفهوم پایداری برای یک نقطه تعادل، خطی سازی و پایداری موضعی، روش لیاپانوف مستقیم، قضیه لیاپانوف برای پایداری موضعی و کلی، آنالیز لیاپانوف برای سیستم‌های LTI، تئوری پایداری پیشرفته برای سیستم‌های ناخودگردان. تحلیل دامنه فرکانس: محک دایره، محک پوپوف، تابع توصیفی: معرفی، محاسبه تابع توصیفی برخی از المان‌ها، پیش‌بینی سیکل حدی با استفاده از تابع توصیفی. غیر فعال شدگی و قضیه بهره کوچک. مشتق لی، قضیه فروبنیوس، کنترل پذیری، روش خطی سازی بازخورد، خطی سازی ورودی-حالت، خطی سازی ورودی-خروجی، دینامیک صفر. روش‌های طراحی کنترل (روش پسگام، مدل‌گزشی و ...). معرفی مسایلی در نظریه سیستم‌های کنترلی غیرخطی (همگام سازی، آشوب، بررسی پایداری سیستم‌های با بعد نامتناهی و ...).

فهرست منابع پیشنهادی:

1. J. Slotine and W. Li, "Applied Nonlinear Control", Englewood Cliffs, Prentice Hall, ۱۹۹۱.
2. H. Khalil, "Nonlinear Systems", ۳rd Edition, Prentice Hall Inc., New Jersey, ۲۰۰۱.
3. Isidori, "Nonlinear Control Systems", ۳rd Edition. Springer-Verlag, ۱۹۹۵.
4. Z. Vukic, L. Kuljaca, D. Donlagic, S. Tesnjak, "Nonlinear Control Systems", CRC Press, ۲۰۰۳.
5. Wilfrid Perruquetti, France Jean-Pierre Barbot, "Chaos in Automatic Control", CRC Press ۲۰۰۶.



عنوان درس به فارسی: داده کاوی		عنوان درس به انگلیسی:	
نوع درس و واحد		Data Mining	
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

مباحث یا سرفصل‌ها:

پیش پردازش داده‌ها- انبار داده‌ها- الگوهای تکراری داده کاوی- داده گمشده- رده بندی و رده بندی کننده‌ها- انتخاب و تولید ویژگی- خوشه بندی و الگوریتم‌ها(دنباله ای، سلسله مراتبی و بر پایه بهینه سازی)- کاربرد(نظیر یادگیری ماشین، درخت تصمیم گیری، شبکه عصبی مصنوعی، پیدا کردن متن)

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Tan, Steinbach and Kumar , “Introduction to Data Mining”, Addison Wesley, ۲۰۰۶.
۲. Han, Mannila, Smyth, “Principal of Data Mining”, MIT Press, ۲۰۰۱.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در طراحی شکل بهینه		عنوان درس به انگلیسی: Topics in Optimal Shape Design	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم، کاربردهای صنعتی، مدل سازی و روش های حل مسایل طراحی شکل بهینه است.

مباحث یا سرفصل ها:

توابع محدب: مجموعه های محدب و جداسازی، توابع محدب، منظم و زیرمشتق پذیر، مینیمم سازی توابع محدب و نامساوی های تغییرات: وجود جواب، مشخصه جواب ها، مطالعه مستقیم بعضی از نامساوی های تغییرات.

الحاقی در بهینه سازی محدب: مساله اولیه و مساله الحاقی، مسایل نرمال و پایدار، نقاط زینی و لاگرانژی، حالات خاص.

کاربرد الحاقی در حساب تغییرات: مثال های ابتدایی، توابع مشتق پذیر، منظم و الحاقی، مسایل کلی در حساب تغییرات.

مسایل ابر رویه مینیمال: ابر رویه های مینیمال غیر پارامتری، جواب کلی مسیله دیریکله برای معادله ابر رویه مینیمال، جواب عمومی

مسایل از نوع ابر رویه مینیمال، مسایل دیگر.

الحاقی به وسیله قضیه مینماکس: نقطه زینی و خواص آن، نتایج وجودی برای نقطه زینی و کاربرد در الحاق، مقایسه روش های

الحاقی. کاربردهای دیگر الحاقی: الگوریتم عددی بر اساس الحاقی، مثال در آنالیز عددی، کاربرد در مساله کنترل بهینه، کاربرد الحاقی

در مکانیک، کاربرد در اقتصاد.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. O. Pironneau, "Optimal Shape Design for Elliptic Systems", Springer-Verlag, New York, ۱۹۸۴.
۲. P. Skrch, W. Mitkowski, "Modelling and Simulation of the Shape Optimization Problems, Modelling Simulation and Optimization", Gregorio Romero Rey and Luisa Martinez Muneta (Ed.), ۲۰۱۰.
۳. J. Cagnol, M.P. Polis, J.-P. Zolesio, "Shape Optimization and Optimal Design", CRC Press, ۶ feb. ۲۰۰۱.
۴. E. Laporte, P. Le Tallec, "Numerical Methods in Sensitivity Analysis and Shape Optimization", Springer Sciences & Business Media, ۲۰۰۳.
۵. G. Allaire, "Shape Optimization by the Homogenization Method", Springer, ۲۰۰۲.
۶. Sokolowski J. & Paul Zolesio J., "Introduction to shape optimization: shape sensitivity analysis", Springer-Verlag, Berlin, ۱۹۹۲.



عنوان درس به فارسی:		تحلیل پوششی داده‌ها	
عنوان درس به انگلیسی:	Data Envelopment Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:	-	☐ پایه	☐ نظری
دروس هم نیاز:	-	☒ تخصصی	☐ عملی
تعداد واحد:	۴	☐ اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	۶۴	☐ رساله / پایان نامه	

مباحث یا سرفصل‌ها:

مقدمه‌ای بر روش‌های پارامتری و غیر پارامتری، مفاهیم مقدماتی (تابع تولید، کارایی مطلق، کارایی نسبی، اثربخشی، بهره‌وری)، اصول موضوعه و ساختن مجموعه امکان تولیدهای مختلف، ساختن مدل‌های اساسی شعاعی (در جهت‌های مختلف) به کمک مجموعه امکان تولید، ساختن مدل‌های شعاعی به کمک وزن‌ها (ساختن مدل TDT)، بررسی خواص مدل‌های اساسی صورت‌های پوششی و مضربی، طراحی مدل‌های غیر شعاعی بر اساس متغیرهای کمکی و راسل، مفهوم الگویابی و بررسی نقاط تصویر و خاصیت‌های آن، تفسیر هندسی مدل‌های شعاعی و غیر شعاعی در مجموعه امکان تولید، بحث انتقال و تغییر واحد در ورودی و خروجی و بررسی آن‌ها در مدل‌های اساسی، رابطه بین مدل‌های DEA با مدل‌های اقتصادسنجی (تابع فاصله شفارد و...)، بررسی داده‌های خاص مثل عوامل نامطلوب، غیر قابل کنترل، وابسته و...، آشنایی با ساختار شبکه و طراحی مدل دومرحله‌ای، مفهوم رتبه‌بندی و ساختن مدل‌های رتبه‌بندی ابر کارایی و تفسیر هندسی آن‌ها، مثال‌های کاربردی از سازمان‌های مختلف و تعیین ورودی و خروجی، معرفی یک نرم افزار (مانند R, GAMS).

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Cooper, W. W., Seiford, Lawrence M. and Tone, Kaoru, "Data Envelopment Analysis", Springer, ۲۰۰۰.
۲. Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y. and Seiford, L.M., "Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications", Springer, ۱۹۹۴.
۳. Subhash C. Ray, "Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research", Cambridge University Press, ۲۰۰۹.
۴. Hosseinzadeh Lotfi F., Vaez-Ghasemi, M., Ebrahimnejad, A. and Moghaddas, Z. "Data Envelopment Analysis with R", Springer, ۲۰۲۰.



عنوان درس به فارسی:		برنامه ریزی استوار	
عنوان درس به انگلیسی:	Robust Programming	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:	-	☐ پایه	☐ نظری
دروس هم نیاز:	-	☒ تخصصی	☐ عملی
تعداد واحد:	۴	☐ اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان نامه ☐	

مباحث یا سرفصل‌ها:

مقدمه ای بر عدم قطعیت خطر پذیری (ریسک) و استواری- بهینه سازی استوار تصادفی مبتنی بر سناریو- بهینه سازی استوار مبتنی بر مجموعه های عدم قطعیت بسته- بهینه سازی استوار فازی- روش های اعتبارسنجی مدل های استوار

فهرست منابع پیشنهادی:

Aharon Ben-Tai, Laurent El Ghaoui, Arhadi Nemirowski, "Robust optimization", Princeton University Press, ۲۰۰۹.



عنوان درس به فارسی:		مباحثی در برنامه ریزی چندهدفی	
عنوان درس به انگلیسی:	Topics in Multi-Objective Programming	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:	-	☐ پایه	☐ نظری
دروس هم نیاز:	-	☒ تخصصی	☐ عملی
تعداد واحد:	۴	☐ اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	۶۴	☐ رساله / پایان نامه	

هدف کلی:

آشنایی با بهینه سازی چندهدفه، مدل های مختلف، جواب های مربوط و الگوریتم ها.

مباحث یا سرفصل ها:

مقدمه ای بر بهینه سازی چندهدفه، انواع مسایل بهینه سازی چندهدفه، مخروط ها و مرتب کردن فضاهای برداری، مفاهیم کارایی در بهینه سازی چندهدفه، مطالعه کارایی ضعیف، قوی و اکید، انواع کارایی سره، همبندی مجموعه جواب های کارا (نامغلوب)، روش های اسکالر سازی: روش مجموع وزن دار، اسکالر سازی ϵ -محدودیت، ترکیبی، قیود انعطاف پذیر، چیشف، روش بنسون، مطالعه جواب های توافقی و نقاط ایده آل: کارکرد و محاسبه، تابع دستیابی، مسایل چندهدفه با اولویت پیشین (الفبایی) و روش حل آن ها، روش های اسکالر سازی پیشرفته برای تشخیص جواب های کارای ضعیف، قوی و سره، شرایط لازم و کافی بهینگی در بهینه سازی چندهدفه، الگوریتم های تعاملی حل مسایل بهینه سازی چندهدفه.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Ehrgott, Matthias. "Multicriteria optimization". Vol. ۴۹۱. Springer Science & BusinessMedia, ۲۰۰۵.
۲. Kaisa Miettinen, "Nonlinear Multiobjective Optimization", Kluwer Academic Publishers, ۱۹۹۹.
۳. Sawaragi, Yoshikazu, Hirotaka Nakayama and Tetsuzo Tanino. "Theory of multiobjective optimization". Elsevier, ۱۹۸۵.
۴. Dinh The Luc. "Theory of vector optimization". Springer, ۱۹۸۹.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در بهینه سازی		عنوان درس به انگلیسی:	
نوع درس و واحد		Topics in Optimization	
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

بررسی تحلیلی روش های پیشرفته و برخی روش های جدید بهینه سازی غیرخطی و ارایه الگوریتم های مربوط.

مباحث یا سرفصل ها:

مدل های برنامه ریزی غیرخطی مقید، شرایط لازم و شرایط کافی برای جواب مسایل مقید، روش های حل مسایل غیرخطی مقید شامل برنامه ریزی درجه دوم متناوب، مجموعه موثر، تصویرگرادیان، روش ها بر اساس توابع جریمه ای شامل توابع جریمه ای دقیق و لاگرانژی افزوده، برنامه ریزی هندسی، برنامه ریزی کسری، روش های نقطه درونی غیرخطی.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. برنامه ریزی خطی و غیرخطی، لوئبرگر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمدحسین پورکاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱.
۲. J. Nocedal, and S. J. Wright, "Numerical Optimization", Springer-Verlag, ۲nd Edition, ۲۰۰۶.
۳. R. Fletcher, "Practical Methods of Optimization", Prentice Hall, ۱۹۹۱.
۴. M. S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty, "Nonlinear programming: theory and algorithms".Wiley, New York, ۲۰۰۶.
۵. D. Luenberger, Y. Ye, "Linear and Nonlinear Programming", Springer, ۴th edition, ۲۰۱۶.



عنوان درس به فارسی:		بهبود سازی فازی	
عنوان درس به انگلیسی:		Fuzzy Optimization	
دروس پیش نیاز:	-	نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:	-	☐ پایه ☐ نظری ☒ تخصصی ☐ عملی	
تعداد واحد:	۴	☐ اختیاری ☐ نظری-عملی	
تعداد ساعت:	۶۴	☐ رساله / پایان نامه	

هدف کلی:

آشنایی و بررسی مدل‌های مختلف مدل‌ها ب برنامه‌ریزی ریاضی در شرایط فازی و رویکردهای حل آن‌ها.

مباحث یا سرفصل‌ها:

برنامه‌ریزی خطی، مجموعه‌های فازی، ریاضیات فازی، روش‌های رتبه‌بندی، مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی خطی فازی و الگوریتم‌های حل، روش‌های پایه سیمپلکس برای حل، نظریه دوگانگی در محیط فازی، تحلیل حساسیت، مدل‌های فازی در تصمیم‌گیری، مدل‌های ریاضی فازی، مدل‌سازی در محیط فازی شامل مدل‌های حمل و نقل، مساله تخصیص، زنجیره تامین، مدل‌های برنامه‌ریزی صحیح، برنامه‌ریزی درجه دوم فازی، برنامه‌ریزی آرمانی فازی، بهبود سازی چندهدفه فازی.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. سید هادی ناصری، حسین عطاری، برنامه‌ریزی خطی فازی، انتشارات دانشگاه مازندران، ۱۳۹۴.
۲. C. R. Bector, S. Chandra, "Fuzzy Mathematical Programming and Fuzzy Matrix Games", Springer, ۲۰۰۵.
۳. S.-J. Chen, C.-L. Hwang, F.-P. Hwang, "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", Springer, ۱۹۹۲.
۴. C. Kahraman, "Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments", Springer, ۲۰۰۸.
۵. Y.-J. Lai, C.-L. Hwang, "Fuzzy Mathematical Programming, Methods and Applications", Springer, ۱۹۹۲.
۶. W. A. Lodwick, J. Kacprzyk, "Fuzzy Optimization, Recent Advances and Applications", Springer, Vol. ۲۵۴, ۲۰۱۰.
۷. S.H. Nasser, et al., "Fuzzy Linear Programming: Solution Techniques and Applications", Springer, ۲۰۱۹.
۸. M. Sakawa, "Fuzzy Sets and Interactive Multiple Objective Optimization", Plenum Press, New York, ۱۹۹۳.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در محاسبات نرم		عنوان درس به انگلیسی: Topics in Soft Computing	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

مباحث یا سرفصل‌ها:

انواع مختلف نمایش چواب- نمایش خطی- نمایش غیرخطی- راهبردهای مختلف رفتار با محدودیتهای مساله- راهبرد رد جواب- راهبرد جریمه- راهبرد ترمیم- آشنایی با مفهوم همسایگی جواب و کاربردهای آن- آشنایی با روش جستجوی موضعی- روش های فرار از جواب بهینه موضعی- آشنایی با مفهوم تشدید- آشنایی با مفهوم تنوع- آشنایی با روش های ابتکاری تک جوابی- آشنایی با روش های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. El-Ghazalei Talbi, ‘ ‘ Metaheuristics From Desing to Implementation ’’, Wiley, ۲۰۰۹.



عنوان درس به فارسی:		برنامه ریزی حمل و نقل پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Transportation Programming	
دروس پیش نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم نیاز:	-	تخصصی ☒	عملی ☐
تعداد واحد:	۴	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان نامه ☐	

مباحث یا سرفصل‌ها:

آشنایی با مدل‌سازی و برخی الگوریتم‌های حل مساله فروشنده دوره گرد-آشنایی با الگوریتم‌های کاربردی در حمل و نقل از جمله الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر و جریان بیشینه- تعریف‌های اساسی مربوط به مسیریابی وسایل نقلیه-آشنایی با مدل‌سازی مسایل مسیریابی وسایل نقلیه- گونه‌های مختلف مسایل مسیریابی از جمله مسیریابی با پنجره‌های زمانی و مسیریابی کمان- آشنایی با تحلیل چندوجهی مدل‌های مسایل مسیریابی و برخی نامساوی‌های معتبر مربوطه - آشنایی با گونه‌ها- الگوریتم‌ها و مدل‌های جدید مسیریابی وسایل نقلیه

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. P. Toth, D. Vigo, "The Vehicle Routing Problem", SIAM, ۲۰۰۲.
۲. A. Coberan, G. Laporte, "Arc Routing Problems, Methods and Applications", SIAM, ۲۰۰۴.



عنوان درس به فارسی:		برنامه ریزی چند هدفی	
عنوان درس به انگلیسی:		Multi-Objective Programming	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

مباحث یا سرفصل‌ها:

اهمیت و کاربردهای بهینه سازی چند هدفه - نقاط کارای ضعیف و کارای سره - تعریف مفاهیم - وجود جواب و چگونگی بدست آوردن آن - اسکالر سازی شامل روش های مجموع وزندار - اپسیلون محدودیت - قید الاستیک - روش نقطه مرجع - روش محک سراسری - روش پنسون برای بدست آوردن جوابهای کارا - کارای ضعیف و کارای سره - جوابهای توافقی - مطالعه ترتیب های غیرطبیعی - بهینه سازی چندهدفه خطی و الگوریتم سیمپلکس برای حل آن - مقدمه ای بر بهینه سازی چند هدفه ترکیبیاتی - برنامه ریزی آرمانی

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. M. Ebrgott, "Multicriterion Optimization", Springer, Berlin, ۲۰۰۵.
۲. D.T. Lue, "Multiobjective Linear Programming", Springer, ۲۰۱۶.
۳. D.T. Lue, "Theory of Vector Optimization", Springer, ۱۹۸۹.



عنوان درس به فارسی:		نظریه کنترل بهینه پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced optimal control theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:	کنترل بهینه	☐ پایه	☐ نظری
دروس هم نیاز:	-	☒ تخصصی	☐ عملی
تعداد واحد:	۴	☐ اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان نامه ☐	

هدف کلی:

ضمن بیان تاریخچه مشتقات کسری، انواع آن و کاربردهای هر یک به همراه توانایی‌ها و محدودیت انواع شبکه‌های مشتق کسری، هدف اصلی این درس می‌باشد. ارایه درس به همراه کاربرد آن در مسایل کنترل بهینه از اهداف اصلی درس می‌باشد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

توابع خاص مورد نیاز در محاسبات کسری، مشتقات و انتگرال‌های کسری، قضایای وجود و یکتایی، نمایش و آنالیز فضای حالت، مقدماتی بر کنترل کسری، کنترل بهینه مرتبه کسری خطی-درجه دوم، روش‌های عددی در حل مسایل کنترل بهینه مرتبه کسری.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Podlubny, I. "Fractional differential equations: an introduction to fractional derivatives, fractional differential equations, to methods of their solution and some of their applications" (Vol. ۱۹۸). Academic press, ۱۹۹۸.
۲. Baleanu, D., Machado, J. A. T., & Luo, A. C. (Eds.). "Fractional dynamics and control". Springer Science & Business Media, ۲۰۱۱.



عنوان درس به فارسی:		مباحث ویژه	
عنوان درس به انگلیسی:		Special Topics	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:		-	
تعداد واحد:	۴		
تعداد ساعت:	۶۴		
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه		
☐ عملی	☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری		
رساله / پایان نامه			

مباحث یا سرفصل‌ها:

سرفصل درس به همراه منابع در ابتدای هر نیم سال توسط مدرس مربوطه جهت تصویب به گروه ارائه خواهد شد.



عنوان درس به فارسی:		حل عددی معادلات انتگرال تکین و کاربردها	
عنوان درس به انگلیسی:		Numerical Solution of Singular Integral Equations and Applications	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۳	نظری ☐ پایه ☐	تخصصی ☒ عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	نظری-عملی ☐	اختیاری ☐ رساله / پایان نامه ☐

هدف کلی:

آشنایی با انواع معادلات انتگرال تکین، کاربردها و روش های حل مستقیم و عددی آن ها.

مباحث یا سرفصل ها:

تعریف معادلات انتگرال تکین، انواع آن شامل تکینی (کوشی)، تکینی ضعیف (آبل) و فوق تکینی، کاربردهای آن در مدل بندی مسایل فیزیکی.

تعریف و خاصیت های مقدار اصلی کوشی برای انتگرال ها و بخش متناهی آدامار، معرفی تبدیلات انتگرالی مانند تبدیل لاپلاس، تبدیل فوریه و تبدیل هیلبرت.

معرفی و حل معادلات انتگرال آبل و تعمیم های آن روی منحنی های بسته، معادلات انتگرال لگاریتمی.

معرفی و حل معادلات انتگرال کوشی نوع اول و دوم روی منحنی های بسته و باز و منحنی های مجزا، فرمول Plemelj و فرمول Poincare-Bertrand مسایل ریمان-هیلبرت و کاربرد آن در حل معادلات انتگرال تکین.

معرفی هسته هیلبرت و معادله انتگرال با هسته هیلبرت.

معرفی معادلات انتگرال ابرتکین.

معرفی روش های عددی حل معادلات بالا شامل روش های طیفی، گالرکین، هم مکانی و روش های مبتنی بر فرمول های انتگرال گیری.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. V. V. Ivanov, "The Theory of Approximate Methods and Their Applications to the Numerical Solution of Singular Integral Equations", Noordhoff International Publishing Leyden ۱۹۷۶.
۲. R. Estrada and R. P., Kanwal, "Singular Integral Equations", Birkhausr Bosto ۲۰۰۰.
۳. N. I., Muskhelishvili, "Singular Integral Equations, Boundary Problems of Function Theory and Their Application to Mathematical Physics", Dover Publications, Inc ۲۰۰۸.
۴. B. N. Mandal and A. Chakrabarti, "Applied Singular Integral Equations", CRC Press ۲۰۱۱.



عنوان درس به فارسی:		حل عددی معادلات دیفرانسیل و انتگرال تاخیری	
عنوان درس به انگلیسی:		Numerical Solution of Delay Differential and Integral Equations	
نوع درس و واحد			
☐ پایه	☐ نظری	-	
☒ تخصصی	☐ عملی		
☐ اختیاری	☐ نظری-عملی	۳	
رساله / پایان نامه		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

هدف کلی:

دانشجو پس از گذراندن این درس قادر خواهد بود برخی از مسایل کاربردی را به شکل معادلات دیفرانسیل یا معادلات انتگرال تاخیری مدل‌بندی و بعد به حل عددی آن‌ها بپردازد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

معرفی معادلات دیفرانسیل تاخیری به همراه مثال‌های کاربردی، بازخوردهای تاخیری.
 بررسی وجود و یکتایی جواب، پایداری (موضعی و سراسری).
 معرفی معادلات انتگرال تاخیری، وجود و یکتایی جواب.
 معادلات انتگرال تاخیری با تاخیر صفرشدنی (صفرنشدنی)، وجود و یکتایی جواب.
 روش‌های هم‌محلی برای معادلات تاخیری، همگرایی روش و فوق همگرایی موضعی آن.
 روش‌های عددی دیگر برای حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال تاخیری.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Yang Kuang, "Delay Differential Equations with Applications in Population Dynamics", Academic Press, ۱۹۹۳.
۲. Smith Hal, "An Introduction to Delay Differential Equations with Applications in the Life Science", Springer, ۲۰۱۱.



نظریه روش عناصر متناهی		عنوان درس به فارسی:	
نوع درس و واحد		Theory of Finite Elements Method	
نظری ☐	پایه ☐	-	
عملی ☐	تخصصی ☒		
نظری-عملی ☐	اختیاری ☐	۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

هدف کلی:

بررسی روش عناصر متناهی برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی، بررسی همگرایی آن و نحوه برنامه‌نویسی آن در رایانه و همچنین کاربردهای آن در مسایل گوناگون.

مباحث یا سرفصل‌ها:

آنالیز تابعی: فضاها، هیلبرت، قضیه نمایش ریتس، معرفی مشتق ضعیف، فضاها و نرم‌های سوبولف. فرم ضعیف مسایل مقدار مرزی: قضایای دیورژانس و گرین، مینیمم انرژی، انواع شرایط مرزی نظریه وجود و یکتایی فرم ضعیف، فرم‌های تغییراتی برای مسایل متقارن و نامتقارن، قضیه لکس-میگرام، بررسی شرایط مرزی نویمان و مخلوط. روش گلرکین: قضیه تصویر، روش گلرکین برای یک مساله تغییراتی. تقریب‌های عناصر متناهی: چند جمله‌ای‌های تکه‌ای خطی، درجه دو و مکعبی روی مثلث، روش تسلسلی برای ساختن پایه‌های درجه بالاتر، انتگرال گیری عددی روی مثلث‌ها، اسمبل کردن و تولید ماتریس سختی، المان‌های مستطیلی، المان‌های سه بعدی و تقریب‌های سه بعدی (روی هرم و چند وجهی‌های دیگر)، روش عناصر متناهی ایزوپارامتریک (المان‌های خمینه). همگرایی: مرتبه همگرایی تقریب با چند جمله‌ای‌های تکه‌ای، قضیه Cea، همگرایی در نرم انرژی، همگرایی در نرم دو، همگرایی در نرم بینهایت، انواع الگوریتم‌های اصلاح شبکه. پیاده‌سازی: برنامه‌نویسی روش عناصر متناهی، روش‌های حل مستقیم و تکراری ماتریس سختی، روش‌های چند شبکه‌ای. مباحث دیگر: روش عناصر متناهی غیرانطباقی (nonconforming)، روش‌های تطبیقی (Adaptive)، انواع الگوریتم‌های تطبیقی، پیشگویی و تخمین خطای پسین و انواع الگوریتم‌های تخمین زن، کاربرد روش المان متناهی در مسایل وابسته به زمان، مسایل غیرخطی، کاربرد در مکانیک جامدات (مسایل الاستیسیته) و مکانیک سیالات.

فهرست منابع پیشنهادی:

1. M. Ainsworth and J. T. Oden, "A Posteriori Error Estimation in Finite Element Analysis", John Wiley & Sons, ۲۰۰۰.
2. D. Braess, "Finite elements: Theory, fast solvers, and applications in Elasticity Theory", Cambridge University Press, ۳rd, ۲۰۰۷.
3. S. C. Brenner and L. R. Scott, "The mathematical theory of finite element methods", Springer, ۳rd, ۲۰۰۸.
4. P. G. Ciarlet, "The finite element method for elliptic problems", North- Holland, ۱۹۷۸.
5. M. S. Gockenbach, "Understanding and implementing the finite element method", SIAM, ۲۰۰۶.
6. G. Strang and G. J. Fix, "An Analysis of the finite element method", Prentic-Hall, ۱۹۷۳.



عنوان درس به فارسی:		روش های پیشرفته در حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Techniques in Numerical Solution of ODEs	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم نیاز:		تخصصی ☒	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

هدف کلی:

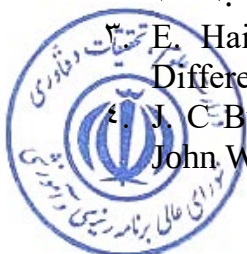
مدل ریاضی بسیاری از پدیده های فیزیکی و مسایل مهندسی به شکل معادلات دیفرانسیل معمولی هستند که برای حل عددی روش های خاصی را می طلبند. در این درس ضمن آشنایی با مفاهیم بیشتری از روش های حل عددی ODEs، خانواده روش های خطی عمومی معرفی می شود که قالبی کلی برای روش های متعارف (از جمله روش های رونگه-کوتا، چندگامی خطی و پیوندی) بوده و همچنین ساختن روش هایی با ویژگی های برتر را ممکن می سازد که در دسته روش های متعارف قرار نمی گیرند. روش های ساخت و پیاده سازی این دسته از روش ها مورد بررسی قرار می گیرد.

مباحث یا سرفصل ها:

مفاهیم A -پایداری، L -پایداری، $A(\alpha)$ -پایداری و G -پایداری؛
 ساخت روش های رونگه-کوتا با استفاده از درختان ریشه دار؛
 تخمین خطا و پیاده سازی روش های رونگه-کوتا با طول گام متغیر؛
 روش های رونگه-کوتای دوگامی و روش های رونگه-کوتا با مشتق دوم؛
 روش های چندگامی با مشتقات بالاتر (روش های ابرشکف) و نقاط جلوتر؛
 روش های خطی عمومی (GLMs)، مفاهیم بیش سازگاری، سازگاری، صفر-پایداری و همگرایی آنها؛
 معرفی GLMs با خواص پایداری رونگه-کوتا و پایداری درجه دوم؛
 فرم نردسیک GLMs و ساخت روش های کارا از این دسته از روش ها؛
 تخمین خطا و پیاده سازی GLMs با طول گام متغیر؛
 معرفی روش های خطی عمومی با مشتق دوم (SGLMs) و بررسی خواص آنها؛

فهرست منابع پیشنهادی:

1. E. Hairer, S. P., Norsett and G. Wanner, "Solving Ordinary Differential Equations II, Nonstiff Problems", Springer, ۲۰۰۸.
2. Z. Jackiewicz, "General Liner Methods for Ordinary Differential Equations", Wiley, ۲۰۰۹.
3. E. Hairer and G. Wanner, "Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential Algebraic Problems", Springer, ۲۰۱۰.
4. J. C Butcher, "Numerical Methods for Ordinary Differential Equations", ۳rd edition, John Wiley & Sons, ۲۰۱۶.



عنوان درس به فارسی:		روش های پیشرفته در حل عددی مسائل مالی	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Methods in Numerical Solution of Financial Problems	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم نیاز:		تخصصی ☒	عملی ☐
تعداد واحد:	۴	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان نامه ☐	

هدف کلی:

دو شاخه مهم از ریاضیات مالی که به کمی سازی پیشرفته نیاز دارند عبارتند از: قیمت گذاری مشتقات مالی و بهینه سازی پرتفوی. با پیچیدگی های روزافزون امروزه بازارهای مالی، جز در چندین مورد خاص که یک جواب تحلیلی یا نیمه تحلیلی از مسائل ریاضی مالی وجود دارد، اغلب باید به دنبال یک جواب تقریبی مناسب برای مسائل مالی مورد نظر باشیم. پیشرفت در امور مالی کمی بدون استفاده از تکنیک های محاسباتی و عددی پیشرفته غیرممکن بنظر می رسد. هدف این درس مطالعه روش های عددی پیشرفته حل مسائل مالی می باشد.

با توجه به گستردگی موضوعات مالی و روش های عددی مورد نیاز برای حل مسائل در این حوزه، برحسب نیازهای پژوهشی دانشجوی می توان سرفصل های موردنظر را تدریس نمود.

پیش زمینه های علمی:

آشنایی با ابزارها و بازارهای مالی، آنالیز عددی

مباحث یا سرفصل ها:

بخش اول آشنایی با توابع نرم افزار متلب برای حل مسائل مالی: چرا متلب؟ اوراق بهادار با درآمد ثابت، تجزیه و تحلیل اوراق بهادار، پوشش ریسک پرتفوی، مبانی بهینه سازی پرتفوی با روش میانگین-واریانس، توابع متلب برای اوراق بهادار با درآمد ثابت و بهینه سازی پرتفوی براساس روش میانگین-واریانس، مشتقات مالی، مدل سازی پویایی قیمت دارایی پایه، مدل بلک-شولز در متلب، قیمت گذاری اختیار معاملات اروپایی و آمریکایی و شبکه های دوجمله ای، قیمت گذاری اختیار معاملات با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو، ارزش در معرض ریسک، معادلات دیفرانسیل تصادفی و لم ایتو.

بخش دوم روش های عددی: مبانی آنالیز عددی و محاسبات عددی، حل دستگاه های معادلات خطی، روش مستقیم برای دستگاه معادلات خطی، ماتریس سه قطری، روش های تکراری برای حل دستگاه های خطی، تقریب تابع و درونیایی، حل معادلات غیرخطی، روش دو بخشی، روش نیوتن، حل معادلات غیرخطی در متلب، انتگرال گیری عددی.

بخش سوم روش های بهینه سازی: مسائل بهینه سازی متناهی البعد و نامتناهی البعد، مسائل مقید و نامقید، مسائل محدب و غیرمحدب، مسائل خطی و غیرخطی، مسائل گسسته و پیوسته، مسائل قطعی و تصادفی، روش های عددی برای بهینه سازی نامقید، روش تندترین کاهش، روش زیر گرادیان، روش های نیوتن و ناحیه اطمینان، روش شبه نیوتن و جستجوی ساده، بهینه سازی نامقید در متلب، روش های



بهینه‌سازی مقید: روش تابع پنالتی، شرایط فروش-کان-تاکر، نظریه دوگان، الگوریتم صفحه برش کلی، روش مجموعه فعال، برنامه‌ریزی خطی و روش سیمپلکس، دوگان در برنامه‌ریزی خطی، روش‌های نقطه داخلی، برنامه‌ریزی خطی در متلب، روش‌های شاخه و کران برای بهینه‌سازی نامحدب، مدل‌های MILP، روش‌های فراابتکاری برای بهینه‌سازی غیرمحدب، روش L-شکل برای برنامه‌ریزی تصادفی خطی دو مرحله‌ای، آنالیز محدب، بهینه‌سازی محدب.

روش‌های عددی در حل معادلات دیفرانسیل: روش‌های تفاضل متناهی برای معادلات دیفرانسیل جزئی، ناپایداری، روش‌های صریح و ضمنی، روش کرانک-نیکلسون، همگرایی، سازگاری و پایداری، روش هم‌محلی، روش گالرکین، روش‌های طیفی در دامنه‌های چند بعدی، روش‌های بدون شبکه و توابع پایه‌ای شعاعی.

روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل تصادفی در بازارهای مالی: نقش معادلات دیفرانسیل تصادفی در قیمت‌گذاری و پوشش ریسک ابزارهای مالی، فرایند پواسون مرکب و روش‌های شبیه‌سازی آن‌ها، معرفی بسط تیلور-ایتو تصادفی و بدست آوردن روش اویلر-ماریاما و روش میلشتاین، معرفی خانواده روش‌های رونگه-کوتای تصادفی، معرفی خانواده روش‌های چند-گامی تصادفی، معرفی مفهوم پایداری تصادفی و انواع آن (پایداری میانگین مربعات، پایداری مجانبی، پایداری نمایی)، گسسته‌سازی معادله اورنشتین-اولینک و کاربرد آن در مدل‌سازی نرخ بهره تصادفی، گسسته‌سازی دستگاه معادلات تصادفی مدل هستون و کاربرد آن در قیمت‌گذاری اختیار معامله، اصول اولیه مونت کارلو و قیمت‌گذاری مشتق‌های مالی، تولید اعداد و متغیرهای تصادفی، تولید مسیرهای نمونه، تکنیک‌های کاهش واریانس، شبه مونت کارلو، روش‌های گسسته‌سازی، برآورد حساسیت، کاربردهای مونت کارلو در مدیریت ریسک.

روش‌های آماری: مروری بر بردارهای تصادفی، توزیع‌های توام، ماتریس واریانس کواریانس و خواص آن، توزیع نرمال چند متغیره و خواص آن، مدل‌های آماری و استنباط آماری، برآورد درست‌نمایی ماکزیمم و خواص آن، محاسبات بیزی، مقدمه‌ای بر مدل‌های خطی، روش‌های تخمین آماری، سری‌های زمانی: اهداف تحلیل سری‌های زمانی، مثال‌هایی از داده‌های سری زمانی مالی، مشخصه‌های سری‌های زمانی مالی، مروری بر تعریف روند و مولفه فصلی و روش‌های برآورد و حذف آن‌ها، مروری بر مدل‌های ایستا (تعریف فرایند ایستا، تابع میانگین، تابع خود کواریانس و تابع خود همبستگی)، مروری بر سری‌های زمانی خطی و کاربردهای آن (مروری بر ساختار احتمالاتی، استنباط آماری و پیش‌بینی مدل‌های ARMA)، مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی (معرفی و بررسی کامل ساختار احتمالاتی مدل‌های ARCH و GARCH، استنباط آماری و پیش‌بینی آن‌ها)، مروری بر تحلیل داده‌های با فراوانی بالا، مشخصه‌های سری‌های زمانی مالی، مروری بر سری‌های زمانی ایستا، مروری بر مدل‌های ARMA و ARIMA، تعریف مدل‌های ARCH و GARCH اثبات دقیق وجود جواب‌های یکتا برای معادلات ARCH و GRACH و خواص احتمالی و آماری آن‌ها (نمایش تابع خود کواریانس و...)، نمایش ARCH (بی‌نهایت) برای مدل‌های GARCH، خواص توزیع‌های حاشیه‌ای مدل‌های GARCH، پیش‌بینی در مدل‌های GARCH، برآورد در مدل‌های ARCH با استفاده از روش‌های مربعات خطا و خواص احتمالی و آماری آن‌ها، برآورد در مدل‌های GARCH با استفاده از روش QMLE و خواص احتمالی آن‌ها، آزمون‌های مهم در مدل‌های ARCH و GARCH.

بخش سوم پیاده‌سازی روش‌های عددی برای حل مسائل مالی: بهینه‌سازی پرتفوی، قیمت‌گذاری انواع مشتقات مالی.

فهرست منابع پیشنهادی:

Paolo Brandimarte, "Numerical Methods and Economics in Finance: A MATLAB-Based Introduction", JOHN WILEY & SONS, INC, ۲۰۰۶.



۲. George Levy, "Computational Finance: Numerical Methods for Pricing Financial Instruments", DPhil University of Oxford, ۲۰۰۴.
۳. Ali Hirs, "Computational Methods in Finance", Chapman and Hall/CRC Financial Mathematics Series, ۲۰۱۳.
۴. Kloeden, P.E. & Platen, E. "Numerical Solution of Stochastic Differential Equations", Vol. ۲۳ of Appl. Math., Springer. Third printing, ۱۹۹۹.
۵. Khoeden, P.E., Platen, E. & Schurz, H. "Numerical Solution of SDEs Through Computer Experiments", Springer. Third corrected printing, ۲۰۰۳.
۶. Platen, E. & Bruti-Liberati, N. "Numerical Solution of Stochastic Differential Equations with jumps in Finance", Springer, ۲۰۱۰.



عنوان درس به فارسی:		روش های طیفی	
عنوان درس به انگلیسی:		Spectral Methods	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	۴۸		
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه		
☐ عملی	☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری		
رساله / پایان نامه			

هدف کلی:

خانواده‌ی روش های طیفی یکی از پنج خانواده‌ی روش های 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. روش های طیفی برای بدست آوردن جواب هایی با دقت عموماً نمایی (طیفی) برای حل مسایلی با جواب های هموار به کار می روند. هدف این درس مطالعه این روش ها و نحوه به کار گیری آنها در حل معادلات دیفرانسیل است. خواننده می تواند پس از آن نحوه اعمال روش بر روی انواع دیگر معادلات مثلاً معادلات انتگرال را هم مطالعه نماید.

پیش زمینه های علمی:

آشنایی با معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، آشنایی با نظریه تقریب و تقریب با چند جمله ای ها، فرمول های انتگرال گیری، آشنایی با جبر خطی عددی، آنالیز تابعی پایه ای.

مباحث یا سرفصل ها:

بخش اول (تقریب های چند جمله ای)

بسط فوریه پیوسته، بسط فوریه گسسته، همگرایی و پایداری بسط های فوریه، همگرایی طیفی، پدیده گیس، تبدیل فوریه سریع، چند جمله ای های متعامد، مسایل اشتورم-لیوویل منظم منفرد، چند جمله ای های لژاندر، چیشف، ژاکوبی، لاگر، هرمیت، بهترین تقریب های چند جمله ای، آنالیز خطای درونیایی و تقریب برشی و بهترین تقریب چند جمله ای در نرم های سوبولف، فرمول های گاوسی و آنالیز خطای آن ها در نرم های سوبولف، تقریب های چند جمله ای طیفی در ابعاد بالاتر، تقریب ضرب دکارتی (یا تانسوری)، محاسبه مشتقات چند جمله ای ها (به صورت مستقیم، به کمک ضرب ماتریسی، به کمک روش های تبدیلی). روش های طیفی در حل معادلات دیفرانسیل: فرم های قوی و ضعیف، روش هم مکانی طیفی، روش گلرکین طیفی، روش گلرکین طیفی با انتگرال گیری عددی، اعمال شرایط مرزی، روش تاو، پدیده هم اثری (aliasing) و روش های حذف آن، آنالیز خطا برای انواع معادلات روش های طیفی روی دامنه های نامتناهی، روش های طیفی انتقال یافته و توابع گویا، روش های طیفی در دامنه های چند بعدی.



روش‌های شبه طیفی: ماتریس‌های مشتق، مقادیر ویژه ماتریس‌های مشتق، ارتباط با تفاضلات متناهی، ارتباط با روش‌های هم‌مکانی طیفی و گلوکین طیفی، همگرایی روش‌های شبه طیفی برای جواب‌های بینهایت-هموار و متناهی-هموار، هزینه‌های محاسباتی و مقایسه با روش‌های دیگر مانند تفاضل متناهی.

روش‌های حل دستگاه‌های معادلات جبری نهایی: روش‌های مستقیم، روش‌های تکراری، پیش شرط‌سازی. روش‌های المان طیفی: تجزیه دامنه، تقریب‌های طیفی روی مثلث، انواع نقاط کران‌های خطای پیاده‌سازی روش.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Liloyd Nicholas Trefethen "Spectral methods in MATLAB", Philadelphia Pa, ۲۰۰۰.
۲. John P. Boyd, "Chebyshev and Fourier Spectral Methods", Dover Publications, ۲۰۰۰.
۳. Bengt Fornberg, "A Practical Guide to Pseudospectral Methods", Cambridge University Press, Cambridge, ۱۹۹۶.
۴. C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni and T.A. Zang, "Spectral Methods Fundamental in Single Domains", Springer Verlag, New York ۲۰۰۶.
۵. C. Canute, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni and T.A. Zang, "Spectral Methods Evolution to Complex Geometries and Applications to Fluid Dynamics", Springer Verlag, New York, ۲۰۰۷.
۶. George Em. Karniadakis and Spencer J. Sader, "Spectral h-p Element Methods for CFD", New York, Oxford University Press, ۱۹۹۹.
۷. David A. Kopriva "Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations Algorithms for Scientists and Engineers", Springer-Verlag, ۲۰۰۹.
۸. Jan S. Hesthaven, Sigal Gonlieb, David Gottlieb, "Spectral Methods for Time Dependent Problems", Cambridge University Press, ۲۰۰۷.
۹. David Gottlieb. Steven A. Orszag "Numerical analysis of spectral methods: theory and applications", SIAM, Philadelphia Pa, ۱۹۹۳.
۱۰. J. Shen, T. Tang, "Spectral and High Order Methods with Applications", Science Press, China, ۲۰۰۶.



عنوان درس به فارسی:		مباحثی در معادلات دیفرانسیل کسری	
عنوان درس به انگلیسی:		Topics in Fractional Differential Equations	
نوع درس و واحد			
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☒	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با حسابان مرتبه کسری شامل انواع انتگرال و مشتق مرتبه کسری آشنا می‌شوند و برخی روش‌های مرسوم در حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال مرتبه کسری را می‌آموزند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

بخش اول) انتگرال‌ها و مشتق‌های کسری: انتگرال کسری ریمان-لیوویل، مشتق کسری ریمان-لیوویل، تعبیر هندسی و تعبیر فیزیکی از انتگرال‌گیری و مشتق‌گیری کسری، مشتق کسری کاپوتو، تبدیل لاپلاس از مشتق‌های کسری، تبدیل فوریه از مشتق‌های کسری، تبدیل میلن از مشتق‌های کسری، مشتق کسری گرونوالد-لتنیکوف، مقدمه‌ای بر انتگرال‌ها و مشتق‌های کسری چپ و راست، مشتق ریس.

معادلات دیفرانسیل کسری: معادلات دیفرانسیل کسری خطی، بررسی وجود و یکتایی جواب، وابستگی جواب به شرایط اولیه، معادلات دیفرانسیل کسری متعارف، معادلات دیفرانسیل خطی چند کسری (مرتبه‌ای)، جواب تحلیلی معادلات دیفرانسیل کسری خطی با تبدیل لاپلاس، توابع گرین کسری، جواب معادلات دیفرانسیل کسری بر حسب تابع گرین، مقدمه‌ای بر دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل کسری، مقدمه‌ای بر معادلات دیفرانسیل جزئی کسری و مسایل مقدار اولیه-مرزی مربوط به آن‌ها.

معادلات انتگرال کسری: معادلات انتگرال کسری، ارتباط میان معادلات انتگرال کسری خطی و معادلات دیفرانسیل کسری خطی، بررسی وجود و یکتایی جواب.

بخش دوم) انتگرال‌گیری کسری عددی: روش‌های عددی بر مبنای چندجمله‌ای درونیاب (فرمول‌های مستطیلی، فرمول ذوزنقه‌ای کسری، فرمول سیمسون کسری، فرمول نیوتن کاتس کسری، روش عددی بر مبنای درونیابی هرمیت مکعبی)، روش چند مرحله‌ای خطی کسری، روش تقریب‌های طیفی (تقریب‌های طیفی بر اساس چند جمله‌های ژاکوبی، لژاندر و چبیشف)، روش تقریب پخش‌کننده.



مشتق گیری کسری عددی: روش های $L1$ ، $L2$ و $L2c$ (روش $L1$ بر مبنای افراز یکنواخت، روش $L1$ بر مبنای افراز غیریکنواخت، روش $L1$ اصلاح شده، روش $L2$ بر مبنای افراز یکنواخت، روش $L2c$ ، روش های مرتبه بالا بر مبنای چند جمله ای درونیاب (تقریب مرتبه $(3 - \alpha)$ ، تقریب مرتبه $(4 - \alpha)$ ، تقریب مرتبه $(r + 1 - \alpha)$ ، تقریب بر مبنای درونیابی اسپلاین)، روش چندگامی خطی کسری، روش تقریب های طیفی بر اساس چندجمله های ژاکوبی، لژاندر و چیشف.

بخش سوم) تقریب عملگرهای انتگرال و مشتق کسری: تقریب عملگرهای انتگرال کسری و مشتق کسری شامل روش های گرونوالد-لتنیکوف، روش های بر مبنای انتگرال گیری عددی و روش های چندگامی خطی.

روش های عددی حل معادلات دیفرانسیل کسری: روش های مستقیم در حل معادلات دیفرانسیل معمولی کسری مانند روش های بر مبنای انتگرال گیری عددی، روش های غیرمستقیم در حل معادلات دیفرانسیل معمولی کسری مانند روش های از نوع آدامز، روش های چندگامی خطی، بررسی تحلیل خطا و آنالیز پایداری این روش ها، مقدمه ای بر روش های عددی در حل معادلات دیفرانسیل جزئی کسری مانند روش خطوط، روش انتگرال گیری های نمایی.

روش های عددی حل معادلات انتگرال کسری: نظریه رونگه-کوتا در حل معادلات انتگرال (ولترا و آبل) کسری، روش های چندگامی خطی کسری در حل معادلات انتگرال (ولترا و آبل) کسری.

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Oldham, K., & Spanier, J. "The fractional calculus theory and applications of differentiation and integration to arbitrary order". Elsevier, ۱۹۷۴.
2. Podlubny, I. "Fractional Differential Equations". Academic Press, San Diego, CA, ۱۹۹۹.
3. Diethelm, K. "The Analysis of Fractional Equations". Springer-Verlag, Berlin, ۲۰۱۰.
4. Baleanu, D., Diethelm, K., Scalas, E., & Trujillo, J. J. "Fractional calculus: models and numerical methods", (Vol. ۳). World Scientific, ۲۰۱۲.
5. Gorenflo, R., Kilbas, A. A., Mainardi, F., & Rogosin, S. V. "Mittag-Leffler functions, related topics and applications" (p. ۵۴۰). Berlin: Springer, ۲۰۲۰.



عنوان درس به فارسی: نظریه تقریب		عنوان درس به انگلیسی: Approximation Theory	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	
رساله / پایان نامه		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

هدف کلی:

در این درس دانشجویان بهترین تقریب توابع در زیرفضاهای مختلف و انواع روش‌های تقریب یک متغیره و چند متغیره و الگوریتم‌های محاسبه آن‌ها را می‌آموزند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

مساله بهترین تقریب: مروری بر فضاهای متریک و فضاهای ضرب داخلی؛ وجود بهترین تقریب در فضاهای متریک و نرم‌دار؛ نرم‌های اکیدا محدب، یکتایی بهترین تقریب، عملگرهای تقریب و پیوستگی آن‌ها، ثابت‌های لبگ، مروری بر نظریه درونیایی. تقریب یکنواخت: قضیه وایرشتراس، چند جمله‌ای‌های برنشتاین و مشتقات آن‌ها، عملگرهای یکنوا، مدول پیوستگی، مرتبه همگرایی تقریب با چندجمله‌ای‌ها، قضایای جکسون، اصل کراندارای یکنواخت، قضیه همسانی و ساختار بهترین تقریب یکنواخت چندجمله‌ای (چندجمله‌ای مینماکس)، وجود و یکتایی، کران خطای چند جمله‌ای مینماکس، چندجمله‌ای‌های چیشف، تعمیم به فضاهای هار، تقریب یکنواخت روی مجموعه متناهی از نقاط، روش‌های محاسبه چندجمله‌ای مینماکس شامل روش رمز و همگرایی آن و روش برنامه‌ریزی خطی.

تقریب کمترین مربعات: نحوه بدست آوردن تقریب کمترین مربعات، معادلات نرمال، دستگاه یکامتعامد، چندجمله‌ای‌های متعامد و بررسی خواص آن‌ها، همگرایی بسط‌های متعامد و فضاهای کامل، بسط لژاندر، بسط چیشف، بسط لاگر، بسط هرمیت، همگرایی طیفی، مروری بر فرمول‌های انتگرال‌گیری گاوسی، تقریب کمترین مربعات روی مجموعه متناهی از نقاط. تقریب توابع متناوب: چندجمله‌ای‌های مثلثاتی، قضیه وایرشتراس، سری فوریه و عملگر فوریه، قضیه دینی-لیشیتس، پدیده گیس، هسته‌های دیریکله و فجر، بررسی همگرایی سری فوریه در نرم بینهایت و نرم دو، کاربرد اصل کراندارای یکنواخت در تقریب فوریه، تقریب فوریه گسسته و تبدیل سریع فوریه. درونیایی مثلثاتی و بررسی همگرایی طیفی و پایداری آن و ارتباط آن با چندجمله‌ای‌های چیشف.

تقریب کسری: بهترین تقریب مینماکس کسری، قضیه وجودی و ساختار بهترین تقریب، الگوریتم رمز و بررسی همگرایی آن، کسرهای تسلسلی.

تقریب در نرم یک: بهترین تقریب در نرم یک، شرایط لازم و کافی بهترین تقریب در نرم یک، تقریب گسسته، روش‌های محاسبه مانند برنامه‌ریزی خطی.



اسپلاین‌ها: فضای اسپلاین‌ها، اسپلاین‌های درونیاب و B-اسپلاین‌ها و خواص آن‌ها؛ همگرایی تقریب با اسپلاین‌ها، همگرایی در نرم یکنواخت، یافتن خطا به کمک فرمول هسته پآنو، اسپلاین‌های کامل، تقریب در نرم یک به کمک B-اسپلاین‌ها، درونیابی بهینه و خواص آن. تقریب چند متغیره: فضاهاى هار و قضیه مایرهابر-کورتیس، ضرب تانسوری، تقریب روی نواحی خاص به کمک شبکه‌بندی، تقریب روی نقاط پراکنده (تقریب بدون شبکه)، درونیابی به کمک توابع پایه‌ای شعاعی، تقریب شپارد و تقریب کمترین مربعات متحرک. نکته: عنوان برخی مباحث این درس (مانند سری فوریه، اسپلاین و...) در درس آنالیز عددی پیشرفته نیز آمده است، اما در اینجا این مباحث بایستی به طور جامع‌تر و با جزئیات بیشتر و گاهی با نگاهی متفاوت ارایه شوند.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. E. W. Cheney, "Introduction to Approximation Theory", AMS Publication, ۲nd edition, ۱۹۸۲.
۲. E. W. Cheney and W. Light, "A Course in Approximation Theory", AMS Publication, ۲۰۰۰.
۳. R. A. DeVore and G. G. Lorentz, "Constructive Approximation", Springer, ۱۹۹۳.
۴. G. Nürnberger, "Approximation by Spline Functions", Springer, ۱۹۸۹.
۵. M. J. D. Powell, "Approximation Theory and Methods", Cambridge University Press, ۱۹۸۱.
۶. T. J. Rivlin, "An introduction to the Approximation of Functions", Dover Publication, ۲۰۰۳ (Republication of the originally published by the Blaisdell Publication Co. in ۱۶۶۹).
L. N. Trefethen, "Approximation Theory and Approximation Practice", SIAM, ۲۰۱۳.



عنوان درس به فارسی:		مباحثی در آنالیز عددی	
عنوان درس به انگلیسی:		Topics in Numerical Analysis	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۴	نوع درس و واحد	☐ پایه ☐ نظری ☐ تخصصی ☐ عملی ☐ نظری-عملی ☐ اختیاری ☐ رساله / پایان نامه
تعداد ساعت:	۶۴		

هدف کلی:

در این درس دانشجو با مبحث پیشرفته و به روز در جبر خطی عددی آشنا خواهد شد. همچنین با نظر استاد در انتها دانشجو می تواند به سمت مباحث تحقیقاتی سوق داده شود.

مباحث یا سرفصل ها:

مرور انواع ایده های تحلیل خطا مانند کران های خطای پیشین و پسین برای مسایل پایه ای جبر خطی، روش آنالیز بازه ای در یافتن کران های خطا و محاسبات تایید شده (Verified)؛ سطوح مختلف زیرروال های پایه ای جبر خطی (BLAS)؛ به روزرسانی رتبه واحد و فرمول شرمین -موریسون -وودبری؛ مساله ی کمترین مربعات خطی کامل (Total least squares) و الگوریتم های مختلف برای حل آن؛ مروری بر انواع معکوس های تعمیم یافته برای ماتریس ها؛ روش های مستقیم برای حل دستگاه های معادلات خطی تنک (بر پایه ی نظریه گراف)؛ حل عددی معادلات ماتریسی خطی (سیلوستر و لیاپانوف) و غیر خطی (ریکاتی گسسته-زمان و پیوسته-زمان)؛ توابع ماتریسی (نظریه و انواع تعاریف، انواع توابع ماتریسی به خصوص تابع نمایی ماتریسی)؛ تجزیه قطبی (Polar decomposition) یک ماتریس؛ روش های فضای کریلوف برای مسایل مقدار ویژه بزرگ؛ محاسبات تانسوری و جبر چندخطی عددی (فیبرها، برش ها، ضرب تانسورها، رتبه ی یک تانسور، تجزیه های تانسوری، مقدار ویژه، مقدار تکین و نرم افزارهای محاسبات تانسوری)؛ مسایل مقدار ویژه ی غیر خطی (نظریه و الگوریتم های حل عددی آن ها).

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. T.A. Davis, "Direct Methods for Sparse Linear Systems", SIAM, ۲۰۰۶.



۲. I.S. Duff, A.M. Erisman and J.K. Reid, "Direct Methods for Sparse Matrices", Oxford University Press, ۱۹۸۹.
۳. G.H. Golub and C.F. Van Loan, "Matrix Computations", ۴rd edition, Johns Hopkins University Press, ۲۰۱۳.
۴. N.J. Higham, "Accuracy and Stability of Numerical Algorithms", ۲nd edition, SIAM, ۲۰۰۲.
۵. N.J. Higham, "Functions of Matrices: Theory and Computation", SIAM, ۲۰۰۸.
۶. Y. Saad, "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", ۲nd edition, SIAM, ۲۰۰۳.
۷. Y. Saad, "Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems", ۲nd edition, SIAM, ۲۰۱۱.



عنوان درس به فارسی: معادلات انتگرال و دیفرانسیل جبری		عنوان درس به انگلیسی: Integral and Differential Algebraic Equations	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☐	-	
تخصصی ☒	عملی ☐		
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

هدف کلی:

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.

مباحث یا سرفصل‌ها:

تعریف و خواص معادلات دیفرانسیل جبری: تقسیم‌بندی (خطی، غیرخطی، 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 مشتق‌گیری، شاخص tractable، شاخص اختلال، شاخص هندسی، مفاهیم تقلیل شاخص، Decoupling و پایداری.

روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل جبری: روش هم‌محلی، 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: تقسیم‌بندی، معادلات انتگرال نوع سوم و چهارم، معادلات انتگرال جبری با هسته‌های هموار، معادلات انتگرال جبری با هسته‌های منفرد ضعیف، مفهوم Matrix Pencil، خاصیت هموارسازی از مرتبه V برای یک عملگر انتگرالی ولترا و تعریف مساله V -هموار، بدو وضعی معادلات انتگرال جبری.

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

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



فهرست منابع پیشنهادی:

۱. C. W., Gear, "Differential Algebraic Equations, Indices, and Integral Algebraic Equations", SIAM J. Number. Anal. ۲۷, ۱۵۲۷-۱۵۳۴, ۱۹۹۰.
۲. E. Hairer and G. Wanner, "Solving Ordinary Differential Equations. II. Stiff and Differential - Algebraic Problems", Second Edition, Springer. Verlag. Berlin, ۱۹۹۶.
۳. K. E. Brenan. S. L., Campbell and L. R., Petzold, "Numerical Solutions of Initial-Value Problems in Differential Algebraic Equations", SIAM. Philadelphia, PA, ۱۹۹۶.
۴. U. M., Ascher and L., R., Petzold, "Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations", Siam Philadelphia, PA, ۱۹۹۸.
۵. H. Brunner, "Collocation Methods for Volterraa Integral and Related Functional Differential Equations", Cambridge University Press, ۲۰۰۴.
۶. P. Kunkel and V. Mehrmann, "Differential-Algebraic Equations: Analysis and Numerical Solution", EMS Publishing House, Zurich, Switzerland, ۲۰۰۶.
۷. R. Riaza, "Differential-Algebraic Systems: Analytical Aspects and Circuit Applications", World Scientific, Singapore, ۲۰۰۸.
۸. R. Lamour, R. Marz and C. Tischendorf, "Differential-Algebraic Equations: A Projector Based Analysis", Springer-Verlag, Berlin, ۲۰۱۳.



عنوان درس به فارسی:		نظریه موجک	
عنوان درس به انگلیسی:		Wavelet Theory	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۴		
تعداد ساعت:	۶۴		
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه		
☐ عملی	☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری		
		☐ رساله / پایان نامه	

هدف کلی:

بررسی و مقایسه نظریه فوریه با نظریه موجک، انواع موجک، کاربرای موجک.

مباحث یا سرفصل‌ها:

فضای ضرب داخلی، فضاهای L^1 و L^2 ، با همگرایی در L^2 و همگرایی یکنواخت، متعامد سازی. کمترین مربعات و پیش گویی خطی کدگذاری، سری فوریه، همگرایی فوریه، تبدیل فوریه. صافی‌های خطی، قضیه نمونه گیری، اصل عدم قطعیت، آنالیز فوریه گسسته، تبدیلات فوریه (FFT)، تبدیل Z و تابع انتقال. موجک هار، ویژگی‌های اساسی تابع مقیاس هار، الگوریتم تجزیه و بازسازی. آنالیز چند ریزه ساز، پردازش سیگنال، موجک دوبشی، پیچیدگی محاسباتی، تبدیل موجکی، موجک در ابعاد بالاتر. مقدمات ریاضی: فضاهای خطی و برداری، فضاهای نرم‌دار و کامل، فضای هیلبرت، مقدماتی بر نظریه عملگرهای خطی، پایه‌های ریس و تغییر پایه‌ها، تقریب با تصاویر متعامد، سیگنال‌های دیجیتال، تبدیل Z و معکوس آن. آنالیز فوریه: تابع شانه‌ای و هسته سری‌های فوریه، تبدیل فوریه و خواص آن، انتقال‌های زمانی و مقیاس زمانی، ممان‌ها، پیچش، قضیه پارسوال، پالس‌های متعامد، مثلثی و تابع گاوسی، قضیه نمونه برداری، پدیده گیس، آنالیز فوریه سیگنال‌های گسسته زمانی، آنالیز فوریه گسسته، تبدیل فوریه گسسته. آنالیز فرکانس-زمان: توابع پنجره‌ای، تبدیل فوریه کوتاه زمانی، تبدیل گابور، خواص STFT، تبدیل موجک پیوسته، سری‌های موجک، توزیع ویگنر-ویل و خواص آن. آنالیز تجزیه چندمقیاسی: آنالیز موجک هار، فضاهای چند سطحی، تجزیه متعامد، دو متعامدی و شبه متعامد، روابط دو مقیاسی، روابط تجزیه و بازسازی، توابع B-اسپلاین و خواص آن، نگاشت یک تابع در فضای MRA. ساخت موجک‌ها: شرایط ساخت موجک، روابط بین دنباله‌های دو مقیاسی و تجزیه و بازسازی، ساخت موجک‌های شبه متعامد اسپلاین، ساخت موجک‌های متعامد، توابع مقیاس متعامد شانن میر، لماری، داییشز، ساخت موجک‌های دو متعامدی، موجک‌های چند گانه. تبدیل موجک گسسته و الگوریتم‌های فیلتر بانک: نمایش سیگنال در زیر فضای تقریبی، بازسازی فیلتر بانک‌ها، آرایه فیلتر بانک‌های چند حالتی، تبدیل موجک گسسته. تبدیل سریع انتگرال و کاربردهای آن: تظریف زمان و مقیاس، تبدیل موجک انتگرال.



موجک و پردازش تصویر: کاربرد موجک‌ها در پردازش تصویر، فشرده‌سازی و حذف نویز با موجک‌ها. موجک و معادلات دیفرانسیل: عدد حالت ماتریس، مقدمه‌ای بر روش‌های طیفی، روش‌های موجک-گالرکین.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. A. Bogges and F. J. Narcowich, "A First Course in Wavelets with Fourier Analysis", Second edition, John Wiley & Sons, Inc., ۲۰۰۹.
۲. A. Choen, "Numerical analysis of Wavelet methods", ۲۰۰۳.
۳. Ch. K. Chui, "An Introduction to Wavelets", Academic Press, ۱۹۹۲.
۴. M. W. Frazier, "An Introduction to Wavelets Through Linear Algebra", Springer, ۱۹۹۹.
۵. J. C. Goswami, A.K. Chan, "Fundamentals of Wavelets, Theory, Algorithms and Applications", Jon Wiley & Sons, Inc., ۱۹۹۹.
۶. D. F. Walnut, "An Introduction to Wavelet Analysis", Birkhauser, ۲۰۰۲.



عنوان درس به فارسی:		تقریب داده های پراکنده	
عنوان درس به انگلیسی:		Scattered Data Approximation	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	۴۸		
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه		
☐ عملی	☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری		
رساله / پایان نامه			

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با روش های تقریب بدون شبکه آشنا می شوند و برخی کاربردهای آنها بخصوص در حل معادلات دیفرانسیل را فرا می گیرند.

مباحث یا سرفصل ها:

تقریب با توابع هسته (Kernel functions): توابع معین مثبت، توابع پایه ای شعاعی (KBF)، درونیابی با توابع پایه ای شعاعی؛ توابع یکنوای کامل، توصیف های برنشتاین-هاوسهلدر-ویدر و شونبرگ. توابع معین مثبت مشروط، توابع معین مثبت مشروط شعاعی، درونیابی با توابع معین مثبت مشروط شعاعی؛ توابع پایه ای شعاعی با محمل فشرده وندلند؛ فضاهای اختصاصی (Native spaces): فضاهای هیلبرت هسته ای بازتولید کننده، فضاهای اختصاصی توابع پایه ای شعاعی، فضاهای اختصاصی توابع پایه ای شعاعی مشروط.

تخمین خطا: تخمین خطای درونیابی با توابع پایه ای شعاعی، تابع توان (Power function)، تخمین برحسب اندازه تراکم (Fill distance)، اثبات همگرایی طیفی پایه های گاوسین و چنددرجی، کران های سوبولوف؛ بحث در پایداری درونیابی پایه ای شعاعی، کران یابی برای مقادیر ویژه و ضریب وضعیت ماتریس درونیاب در حالت های مختلف.

توابع جزئی از واحد (Partiton of Unity): تقریب جزئی از واحد، کران خطای تابع و مشتقاتش.

تقریب کمترین مربعات متحرک (MLS): بازتولید چندجمله ای موضعی پایدار، بازتولید چندجمله ای موضعی پایدار به کمک تقریب MLS، کران خطای تابع و مشتقاتش، تقریب MLS تعمیم یافته.

کاربرد در حل عددی معادلات دیفرانسیل: روش های هم مکانی، روش کانزا، روش هم مکانی با توابع وندلند، روش های جزئی از واحد، روش SPH، روش RKPM، روش آزاد از شبکه گلرکین (EFG)، روش های بدون شبکه موضعی پتروف-گلرکین (MLPG) و....

تعداد این روش ها زیاد است و در اینجا برخی از مهمترین آنها آمده است. بنا به انتخاب استاد چند روش را می توان در این قسمت تدریس کرد. در این قسمت معرفی مرجع نیز به استاد واگذار می شود.

فهرست منابع پیشنهادی:



1. M. D. Buhmann, “Radial Basis Functions: Theory and Implementations”, Cambridge University Press, 2004.
2. G. R. Liu and Y. T. Gu, “Introduction to Meshfree Methods and Their Programming”, Springer, 2005.
3. R. Schaback, “Kernel-based Meshless Methods”, Lecture Notes, Goettingen, 2011.
4. H. Wendland, “Scattered Data Approximation”, Cambridge University Press, 2005.

عنوان درس به فارسی:		روش‌های محاسباتی پیشرفته در پردازش تصویر	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced computational methods in image processing	
دروس پیش‌نیاز:		–	
دروس هم‌نیاز:			
تعداد واحد:	۴		
تعداد ساعت:	۶۴		
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه		
☐ عملی	☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری		
☐ رساله / پایان‌نامه			

هدف کلی:

فهم مفهوم تصاویر دیجیتال و توانایی مدل‌سازی ریاضی پدیده‌های مختلف بر روی تصویر و نیز فهم و پیاده‌سازی تکنیک‌های محاسباتی در تصویر.

مباحث یا سرفصل‌ها:

مفهوم تصویر دیجیتال، بهبود تصویر، روش‌های بهبود نقطه‌ای، روش‌های بهبود بر پایه فیلترهای مکانی و دامنه فرکانس، فوریه سریع، روش‌های نوین‌زدایی و مات‌زدایی از تصاویر در حوزه مکان و فرکانس، روش‌های ماتریسی در مدل‌سازی ماتری تصاویر، استفاده از روش‌های منظم‌سازی در مات و نوین‌زدایی، استفاده از موجک در پردازش تصویر و **Multi resolution processing**.
مدل‌سازی‌های مختلف مسایل پردازش تصاویر با استفاده از معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، مقدمه‌ای بر روش‌های ریاضی و محاسباتی در تصویربرداری‌های پزشکی، توموگرافی، الگوریتم‌های بازسازی تصویر شامل روش‌های **Back-Projection** فیلترشده، روش‌های جبری و تکراری بازسازی، روش‌های بر پایه فوریه، روش‌های بر پایه شبکه‌های عصبی.

فهرست منابع پیشنهادی:

١. R. Gonzalez, R., Woods, R.E., “Digital Image Processing”, Third Edition, Prentice Hall, ٢٠٠٨.
٢. Scherzer, O., “Handbook of Mathematical Methods in Imaging”, Springer, ٢٠١١.
٣. Natterer, F., Wubbeling, F., “Mathematical Methods in Image Reconstruction”. SIAM, ٢٠٠١.
٤. Bertero, M., Boccacci, P., “Introduction to Inverse Problems in Imaging”, IOP Publishing, ١٩٩٨.
٥. Malmgren, H., Borga, M., Niklasson, L.(Eds), “Artificial Neural Networks in Medicine and Biology”, Springer, ٢٠٠٠.



عنوان درس به فارسی: محاسبات علمی		عنوان درس به انگلیسی: Scientific Computing	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با الگوریتم‌های محاسباتی و آنالیزهای خطا و پایداری و همگرایی آن‌ها، نظریه تقریب و محاسبات ماتریسی است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

یادآوری مفاهیم خطا و پایداری در الگوریتم‌های عددی، وضعیت (conditioning) مسایل ریاضی، وضعیت دستگاه‌های خطی؛ ضرب وضعیت ماتریس‌ها؛ خطاهای گرد کردن؛ یادآوری استاندارد IEEE؛ بررسی پایداری چند الگوریتم. نظریه تقریب: مساله بهترین تقریب، تقریب در نرم‌های بینهایت و دو، تقریب‌های فوریه، تبدیل سریع فوریه، مساله درونیابی. روش‌های مستقیم حل دستگاه معادلات خطی، مساله کمترین مربعات، تجزیه‌های QR و SVD و کاربردهای آن‌ها (مثلا در منظم‌سازی، حل دستگاه‌ها و فشرده سازی تصاویر)، الگوریتم‌های محاسباتی. روش‌های تکراری در حل دستگاه معادلات خطی، روش‌های تکراری ژاکوبی، گاوس-سایدل، نرخ همگرایی، روش‌های مینیمم‌سازی، هزینه محاسباتی، روش‌های زیرفضای کرلیف، الگوریتم‌های آرنولد، لنچوز، GMRES و گرادیان مزدوج، پیش‌شرط‌سازی، روش‌های حل عددی مسایل مقدار ویژه.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. B. Gustafsson, "Fundamentals of Scientific Computing", Springer, ۲۰۱۱.
۲. H. Dahlquist, A. Björck, "Numerical Methods in Scientific Computing", Volume ۲, SIAM ۲۰۰۸.
۳. N. J. Higham, "Accuracy and Stability of Numerical Algorithms", ۲nd edition, SIAM, ۲۰۰۲.
۴. Y. Saad. "Iterative Methods for Sparse Linear System", SIAM, Philadelphia, PA, USA, ۲nd ed., ۲۰۰۳.



۵. L. N. Trefethen and D. Bau III, "Numerical Linear Algebra", SIAM, Philadelphia, PA, USA, ۱۹۹۷.
۶. L. N. Trefethen, "Approximation Theory and Practice", Extended Edition, SIAM, ۲۰۱۹.

عنوان درس به فارسی: مسایل وارون در معادلات دیفرانسیل		عنوان درس به انگلیسی: Inverse Problems in Differential Equations	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

مدل‌های ریاضی سیستم‌های فیزیکی معمولاً با (دستگاه) معادلات دیفرانسیل توصیف می‌شوند. یک "مساله وارون" به صورت زیر بیان می‌شود: با داشتن اطلاعات و اندازه‌گیری‌هایی از جواب، خصوصیتی از سیستم مانند ضرایب معادله، ناحیه و مرز تحت بررسی، داده‌های مرزی، داده‌های اولیه و غیره را بازسازی کنید یا حدس بزنید. هدف این درس مطالعه این مسایل در حوزه معادلات دیفرانسیل و ارایه روش‌هایی محاسباتی برای حل آن‌هاست.

مباحث یا سرفصل‌ها:

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



۱. M. Graham , L. Gladwell, "Inverse Problems in Vibration", ۲nd edition, Kluwer Academic Publishers, Springer, ۲۰۰۴.
۲. V. Isakov, "Inverse Problems for Partial Differential Equations", ۲nd edition, Springer, ۲۰۰۶.
۳. A. Kirsch, "An Introduction to the Mathematical Theory of Inverse Problems", ۲nd edition, Springer, ۲۰۱۱.

عنوان درس به فارسی:		روش های حل مسایل ماتریسی بزرگ	
عنوان درس به انگلیسی:		Methods for Solving Large Matrix Problems	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

تمرکز اصلی این درس به طور تخصصی بر روی روش های حل مسایل مقدار ویژه بزرگ و روش های تکراری حل دستگاه معادلات خطی بزرگ و تنک است.

مباحث یا سرفصل ها:

مسایل مقدار ویژه: ماتریس های تنک، نظریه آشفتگی و آنالیز خطا، مروری بر روش های توانی، توانی انتقال یافته، تکرار معکوس، روش های تهی سازی، روش های تصویری عمومی، معرفی تکرار زیر فضای ساده، تکرار زیر فضا با تصویر، نکات عملی در پیاده سازی، نسخه های متقارن و غیر متقارن از روش های زیر فضای کريلوف، روش های آغاز مجدد، روش های کريلوف بلوکی، همگرایی فرایند لانچوزو فرایند آرنولدی، روش های پیش بهبود سازی، مسایل مقدار ویژه غیر استاندارد.

مسایل دستگاه معادلات خطی: مروری بر گسسته سازی معادلات دیفرانسیل پاره ای با تاکید بر روش های تفاضل متناهی، عنصر متناهی، حجم متناهی، ماتریس های تنک، نمایش گرافی آن ها، جایگشت و مرتب سازی مجدد، کاهش ناپذیری، طرح های حافظه ای، روش های تکراری پایه شامل، ژاکوبی، گاوس-سیدل و SOR به همراه تحلیل همگرایی آن ها، روش های مستقیم تناوبی، روش های زیر فضای کريلوف شامل روش آرنولدی، روش آرنولدی-هاوس هولدر، روش متعامد سازی کامل با نسخه های آغاز مجدد، فرایند متعامد سازی ناتمام، روش مینیمم مانده تعمیم یافته GMRES به همراه نسخه های مختلف آن، پدیده توقف، آغاز مجدد، الگوریتم لانچوز متقارن، الگوریتم گرادیان مزدوج، الگوریتم های مانده مزدوج و مانده مزدوج تعمیم یافته، قضیه فابر، مانتوفل، به همراه تحلیل همگرایی روش ها، روش های کريلوف بلوکی، متعامد سازی دو گانه لانچوز، الگوریتم گرادیان دو مزدوجی، گونه های مستقل از ترانهاد، روش های مرتبط با معادلات نرمال، تکرار های پیش بهبود شده و روش های پیش بهبود سازی، پیاده سازی موازی، پیش بهبود، دهنده های موازی، روش های چند شبکه ای، روش های تجزیه دامنه.



۱. E. Anderson et al., "LAPACK Users' Guide", SIAM, ۱۹۹۹.
۲. C. G. Broyden and M. T., Vespucci, "Krylov Solvers for Linear Algebraic Systems, Krylov Solvers", Elsevier, ۲۰۰۴.
۳. J. W. Demmel, "Applied Numerical Linear Algebra", SIAM, ۱۹۹۷.
۴. A. Greenbaum, "Iterative Methods for Solving Linear Systems", SIAM, ۱۹۹۷.
۵. R. B. Lehoucq, D. C. Sorensen and C. Yang, "ARPACK Users' Guide", SIAM, ۱۹۹۸.
۶. Y. Saad, "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", ۲nd edition, SIAM, ۲۰۰۳.
۷. Y. Saad, "Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems", ۲nd edition, SIAM, ۲۰۱۱.

عنوان درس به فارسی: روش های عددی در قوانین بقا		عنوان درس به انگلیسی: Numerical Methods for Conservation Laws	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

در این درس، دانشجویان با روش های عددی در حل معادلات دیفرانسیل جزیی از نوع هذلولوی اعم از معادلات موج تا معادلات دینامیک گاز و قوانین بقا آشنا می گردند. روش های اصلی مطرح شده در این درس روش های حجم متناهی شامل ENO، TVD و WENO هستند.

مباحث یا سرفصل ها:

معرفی معادلات هذلولوی، بقا و مدل سازی شار در فیزیک و مهندسی، ارایه برخی مدل های انتقال و قانون بقا، مشخصه ها، مساله ریمان، مساله ریمان برای دستگاه های خطی. معرفی روش حجم متناهی، شارهای عددی، شرط CFL، روش های باسو (upwind)، روش لکس-فردریش، روش گادونوف، روش Roe. روش های با دقت بالاتر، روش لکس-وندروف، بازسازی (Reconstruction) خطی و مراتب بالاتر، روش های TVD، محدود کننده ها (Limiters). توسعه برخی روش های بالا برای حل معادلات با ضرایب غیر ثابت، توسعه روش ها برای حل دستگاه معادلات خطی. حل معادلات غیر خطی، معادله برگرز، جواب های دارای شوک، جواب های ضعیف، روش گادونوف، روش لکس-فردریش (موضعی)، روش انکوئیست-اوشر، طرح های E، روش های TVD، توسعه به حل دستگاه های غیر خطی. روش حجم متناهی در ابعاد بالاتر از یک، معرفی برخی مدل های چندبعدی، روش Donor-Cell-Upwind (DCU)، روش Corner-Transport-Upwind (CTU)، روش های ENO و WENO.

فهرست منابع پیشنهادی:



۱. E. Godlewski, P. A. Raviart, "Numerical Approximation of Hyperbolic Systems of Conservation Laws", Springer, ۱۹۹۱.
۲. H. Holden, N. H., Risebro, "Front Tracking for Hyperbolic Conservation Laws", Springer, ۲۰۱۱.
۳. R. J. LeVeque, "Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems", Cambridge University Press, ۲۰۰۲.

عنوان درس به فارسی:		مدل سازی ریاضی با معادلات دیفرانسیل	
عنوان درس به انگلیسی:		Mathematical Modelling with Differential Equations	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	
رساله / پایان نامه		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

هدف کلی:

مدل سازی ریاضی فرایند توصیف پدیده های طبیعی و فیزیکی با استفاده از زبان ریاضی و مفاهیم ریاضی می باشد. برای درک بیشتر پدیده های فیزیکی نیاز به طراحی مدل و تحلیل مدل های ریاضی است. این درس اهمیت درس ریاضی را در دنیای مدرن امروزی به دانشجویان یادآور خواهد شد و به بهبود مهارت حل مساله در دنیای واقعی کمک خواهد نمود. از آنجا که بسیاری از پدیده ها شامل تغییرات متغیر زمانی یا متغیرهای مکانی می باشند، مدل های بدست آمده معمولاً از نوع معادلات دیفرانسیل می باشند.

مباحث یا سرفصل ها:

مدل سازی با معادلات دیفرانسیل معمولی شامل: مکانیک نیوتنی (حرکت پرتابه، معادله جرم-فتر، حرکت آونگ و غیره)، دینامیک جمعیت (مدل های یکنواخت، مالتوس، لجستیک، واکنشهای شیمیایی)، مدل های خودگردان، نقاط تعادلی، دیاگرام فازی، سیستم های غیرخطی: مدل های شکار-شکارچی، ولنکا-ولترا و اپیدمی (SIR)، نوسانگر وندریل، خطی سازی، پایداری، سیستم های همیلتونی؛ مدل سازی با روش های حساب تغییرات: مساله کوتاه ترین زمان، مساله صابون، مساله ی زنجیر آویخته و غیره. مدل سازی با معادلات دیفرانسیل جزئی شامل: دسته بندی معادلات دیفرانسیل جزئی: معادلات سهموی، هذلولوی و بیضوی و تعبیر فیزیکی هر کدام از منظر مدل های پخش (معادله گرما)، انتقال (معادلات موج، معادلات آب های کم عمق، دینامیک ترافیک ماکروسکوپی و میکروسکوپی) و حالت های ایستا (معادلات لاپلاس، پواسن و ناویه-استوکس ایستا)، مدل های پخش-انتقال (شامل معادلات ناویه استوکس)؛ مدل سازی: پی بعد سازی و مقیاس سازی، آنالیز بعدی، انواع مدل های کانونی و سیستماتیک؛ معادلات مکانیک محیط های پیوسته: مختصات لاگرانژی و اویلری، معادلات قانون بقا (بقای جرم، بقای حرکت و بقای انرژی)، روابط ساختاری (Constitutive



(relation) شامل هدایت گرما و پخش جرم، رابطه گاز ایده آل، مدل شارش گرمای فوری، مدل‌های الاستیسیته و غیره؛ امواج صوتی و معادلات الکترومغناطیس، معادلات مکسول.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. A. C. Fowler, "Mathematical Models in the Applied Sciences", Cambridge University Press, ۱۹۹۷.
۲. S. Howison, "Practical Applied Mathematics: Modelling, Analysis, Approximation", Cambridge University Press, ۲۰۰۵.
۳. R. Illner, C. Sean Bohun, Samantha McCollum, Thea van Roode, "Mathematical Modelling: A Case Studies Approach", American Mathematical Society, ۲۰۰۵.
۴. R. M. M. Mattheij, S. W. Rienstra and J. H. M. ten Thijs Boonkkamp, "Partial Differential Equations: Modeling, Analysis, Computation", SIAM, ۲۰۰۵.

عنوان درس به فارسی:		حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی	
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Solution of Stochastic Differential Equations	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐ نظری ☐	
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی ☒ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با مدل‌سازی تصادفی، حسابان تصادفی و روش‌های عددی معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی تصادفی آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

مدل‌سازی تصادفی شامل: بررسی برخی مسایل فیزیکی که به مدل‌های دیفرانسیل (معمولی و جزئی) تصادفی منجر می‌شوند. حسابان تصادفی شامل: مقدمه‌ای بر نظریه احتمال و فرآیند تصادفی، حرکت براونی و فرآیند وینر و نوفه سفید، تقریب حرکت براونی، انتگرال تصادفی، انتگرال ایتو، فرمول ایتو، بسط تیلور تصادفی، همگرایی ضعیف و قوی. معادله دیفرانسیل معمولی تصادفی شامل: شبیه‌سازی مونت کارلو و تقریب‌های مسیری، روش اویلر-ماریاما، روش مایلستین، روش‌های رانگ-کوتا و نظریه درختان ریشه‌دار دو رنگی، شرایط مرتبه برای روش‌های رانگ-کوتا تصادفی، روش‌های چندگامی تصادفی، روش‌های تیلور ضعیف. معادله دیفرانسیل جزئی تصادفی شامل: روش تفاضل متناهی، روش اویلر-ماریاما، روش مایلستین، روش خطوط برای مسایل مقدار اولیه-مرکزی تصادفی، روش عناصر متناهی.



فهرست منابع پیشنهادی:

۱. S. Cyganowski, P. Kloeden, J. Ombach, "From Elementary Probability to Stochastic Differential Equations with Maple", Springer, ۲۰۰۲.
۲. I. Karatzas, S. E. Sherve, "Brownian Motion and Stochastic Calculus", Springer, ۱۹۹۱.
۳. P. Kloeden, E. Platen, "Numerical Solution of Stochastic Differential Equations", Springer, ۱۹۹۵.
۴. P. Kloeden, E. Platen, H. Schurz, "Numerical Solution of SDE through Computer Experiments", Springer, ۲۰۰۳.

عنوان درس به فارسی: دینامیک سیال محاسباتی		عنوان درس به انگلیسی:	
نوع درس و واحد		Computational Fluid Dynamics	
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۳	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۴۸	تعداد ساعت:

هدف کلی:

استفاده از شیوه‌های محاسباتی (تفاضل متناهی، المان متناهی، حجم متناهی و...) جهت حل معادلات حاکم بر جریان سیال و پدیده‌های انتقال.

مباحث یا سرفصل‌ها:

مقدمه‌ای بر مکانیک سیالات محاسباتی، معادلات حاکم بر جریان سیال، معادله ناویه-استوکس/اویلر تراکم پذیر، معادله ناویه-استوکس/اویلر تراکم ناپذیر، معادلات پتانسیل، روش‌های عددی برای حل معادله پتانسیل (عناصر متناهی و تفاضل متناهی) روش‌های حل معادلات همرفت-پخش، چالش‌های عدد رینولد.

روش‌های عددی برای معادله اویلر تراکم پذیر (روش گلرکین ناپیوسته، روش‌های بادسو (upwind) مثلاً گادونوف و Roe،

روش‌های با مرتبه دقت بالا، تکنیک‌های بازسازی (reconstruction) روش‌های ENO و WENO).

روش‌های عددی برای معادله ناویه-استوکس تراکم ناپذیر (گسسته سازی ترم‌های ویسکوزیتی و هدایت گرما، روش گلرکین ناپیوسته، موضعی، روش (Inter-Cell reconstruction).



۱. K. A. Hoffmann and S. T. Chiang, "Computational Fluid Dynamics", ۳rd Edition, Engineering Education System, ۱۹۹۸.
۲. R. J. LeVeque, "Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems", Cambridge University Press, ۲۰۰۲.
۳. S. Patankar, "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", ۱st Edition, Taylor & Francis, ۱۹۸۹.
۴. J. Tannehill, D. Anderson and R. Pletcher, "Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer", ۲nd Edition, Taylor & Francis, ۱۹۹۷.
۵. H.K. Versteeg and W. Malalasekera, "An Introduction to Computational Fluid Dynamics – The Finite Volume Method", Longman Group, ۲۰۰۷.
۶. T. J. Chung, "Computational fluid dynamics", Cambridge University Press, ۲۰۰۲.
H. W. Oh, "Computational fluid dynamics, Engineering Education System", ۲۰۱۰.

عنوان درس به فارسی: بنیادهای نظری آنالیز عددی		
نوع درس و واحد	Theoretical Foundations of Numerical Analysis	
☐ نظری ☐ پایه	-	
☐ عملی ☒ تخصصی		
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری		۳
رساله / پایان نامه ☐		۴۸
		تعداد واحد:
		تعداد ساعت:

هدف کلی:

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.

مباحث یا سرفصل‌ها:

مقدمات: فضاهای باناخ، فضاهای 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، خود الحاقی و غیره، عملگرهای فشرده، مقادیر و توابع ویژه، عملگرهای بی‌کران، کاربرد آنها و در معادلات دیفرانسیل و انتگرال.



نظریه طیفی: نظریه طیفی برای عملگرهای با بعد متناهی و نامتناهی، پایه‌های متعامد یکه برای فضاها ی هیلبرت.

توزیع‌ها، توابع تست (Test Functions) و تعریف توزیع (Distribution)، محل 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 فضاها ی سوبولف، تقریب با توابع هموار، فضایای توسیع (Extension)، فضایای جانشانی (Embedding)، فضایای فشردگی، فضایای دوگان، تعریف فضاها ی سوبولف با تبدیل فوریه، فضاها ی سوبولف کسری، نامساوی‌های سوبولف، قضیه اثر (Trace).

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

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

آنالیز غیر خطی: فضایای نقطه ثابت شامل قضیه نگاشت انقباضی، قضیه براور، قضیه شاوردر، قضیه شاورفر، روش‌های تغییراتی و روش گلرکین در مسائل دیفرانسیل غیر خطی، کاربرد در معادلات انتگرال.

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. R. A., Adams (۱۹۷۵). Soblev Spaces, Academic Press, New York.
۲. S. Kesavan (۱۹۸۹). Topics in Funvtional Analysis, New Age International (P) Ltd.
۳. E. Zeidler (۱۹۹۵). Applied Functional Analysis, Main Principles and Their Applications, Spring-Verlag, New York.
۴. M. Milan (۱۹۹۸). Applied Functional Analysis and Partial Differential Equations, World Scientitic Pubishing Co., Inc., River Edge, NJ.
۵. J. P., Aubin (۲۰۰۰). Applied Functional Analysis, ۲nd Edition, Pure and Applied Mathematics, Wiley-Interscience, New York.
۶. K. Atkinson and W. Han (۲۰۰۹). Theoretical Numerical Analysis, A. Functional Analysis Framework, ۳rd edition, Springer.
۷. H. Brezis (۲۰۱۱). Functional Analysis, Sobolev Soaces and Partial Differential Equations, Springer.
۸. A. Bressan (۲۰۱۲). Lecture Notes on Functional Analysis: With Applications to Linear Partial Differential Equations, American Mthematical Society.



عنوان درس به فارسی: جبر خطی عددی و داده کاوی		عنوان درس به انگلیسی: Numerical Linear Algebra and Data Mining	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	دروس پیش نیاز:	
☐ عملی	☒ تخصصی	دروس هم نیاز:	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

جبر خطی شاخه‌ای از ریاضیات است که به بررسی و مطالعه ماتریس‌ها، بردارها، فضاهای برداری (فضاهای خطی)، تبدیلات 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.

مباحث یا سرفصل‌ها:

یادآوری مباحثی از جبر خطی و ماتریس‌ها، روش QR، تقریب با کمترین مربعات، تجزیه ماتریسی: شامل تجزیه مقادارهای منفرد (یا تجزیه مقادارهای 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 فشرده‌سازی 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...



فهرست منابع پیشنهادی:

۱. G.H., Golub and C. Van Loan (۱۹۹۶). Matrix Computations.
۲. J. W., Demmel (۱۹۹۷). Applied Numerical Linear Algebra.
۳. T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman (۲۰۰۱). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction.
۴. G. Strong (۲۰۰۳). Introduction to Linear Algebra.
۵. Ch. M., Bishop (۲۰۰۶). Pattern Recognition and Machine Learning.
۶. L. Edlen (۲۰۰۷). Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition, SIAM.

نظریه معادلات انتگرالی		عنوان درس به فارسی:	
نوع درس و واحد		عنوان درس به انگلیسی: Theory of integral equations	
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

هدف کلی:

آشنایی با نظریه معادلات انتگرال

مباحث یا سرفصل‌ها:

معادلات انتگرال با هسته های جدایی پذیر، انواع معادلات انتگرال، تئوری فرد هلم و قضایای فرد هلم، معادلات انتگرال در معادلات دیفرانسیل معمولی و معادلات دیفرانسیل جزئی، فرمول های نمایش انتگرالی جواب های معادلات لاپلاس و بواسن، روش تابع گرین، هسته های متقارن، مقادیر ویژه و توابع ویژه هسته های متقارن، قضیه هیلبرت - اشمیت، جواب معادلات انتگرال متقارن، روش عملگر در نظریه معادلات انتگرال، روش رایل - ریتز در تعیین مقادیر ویژه، معادلات انتگرال منفرد، معادلات انتگرال آبل، معادلات انتگرالی منفرد از نوع کوشی، هسته هیلبرت، معادلات انتگرال منفرد نوع هیلبرت

فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Rainer Kress, Integral Equations, Springer-Verlag, ۲۰۱۴.



۲. Kendall E. Atkinson, The Numerical Solution of Integral Equations of the Second Kind, Cambridge University Press, ۱۹۹۷.

عنوان درس به فارسی:		مباحث ویژه پیشرفته در آنالیز عددی	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Special Topics in Numerical Analysis	
نوع درس و واحد			
☐ نظری	☐ پایه	-	
☐ عملی	☒ تخصصی	-	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری		۳
	☐ رساله / پایان نامه		۴۸
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

مباحث یا سرفصل‌ها:

سرفصل درس به همراه منابع در ابتدای هر نیم‌سال توسط مدرس مربوطه جهت تصویب به گروه ارائه خواهد شد.

