



دانشگاه یزد

برنامه درسی

دوره: دکتری

رشته: ریاضی

گرایش: کاربردی

این برنامه درسی بر اساس آئین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاه‌ها و در چارچوب آئین نامه وزارتی تدوین و بازنگری برنامه درسی مصوب ۹۴/۳/۱۶، مورد بازنگری قرار گرفته و در جلسه شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه یزد مورخ به تصویب رسیده است.

صفحه

فهرست مطالب

فصل اول : مشخصات کلی دروس

تعریف.....	۴
هدف.....	۴
اهمیت و ضرورت	۴
نقش و توانایی فارغ التحصیلان	۴
طول دوره و شکل نظام	۴
مواد و ضرایب امتحانی	۵
تعداد واحدهای درسی	۵

فصل دوم: جداول دروس دوره دکتری.....

الف-دروس جبرانی	۷
ب -دروس تخصصی.....	۸
پ -دروس اختیاری.....	۱۰

فصل سوم: سرفصل دروس دوره دکتری

دروس جبرانی	۱۳
دروس تخصصی.....	۱۹
دروس اختیاری.....	۴۸

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



فصل اول :

مشخصات کلی دروس دوره دکتری



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

تعریف :

دوره دکتری ریاضی کاربردی یکی از دوره‌های آموزشی و پژوهشی در سطح تحصیلات تکمیلی در نظام آموزشی عالی کشور است که پس از دوره‌ی 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:

باتوجه 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 ارتقاء دهند.

نقش و توانایی فارغ التحصیلان:

تربیت متخصصین در حوزه ریاضیات کاربردی که:

- الف) قادر باشند مدل ریاضی برخی از مسائل که با آن روبه‌رو 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 نرم افزارهای تخصصی گرایش خود را داشته باشند.
- د) قادر به پژوهش در مسائل روز رشته ریاضی کاربردی در سطح مرزهای دانش باشند.

طول دوره و شکل نظام:

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

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مواد و ضرایب امتحانی:

مواد و ضرایب امتحانی مطابق با آخرین آیین‌نامه‌های جاری دوره دکتری وزارت عتف است.

تعداد واحدهای درسی:

- تعداد واحدهای درسی این دوره ۳۶ واحد است که ۱۶ واحد آن شامل ۴ درس به ارزش هر کدام ۴ واحد و ۲۰ واحد آن رساله خواهد بود.
- دانشجوی ریاضی کاربردی به شرح زیر دروس را اخذ می‌نماید:
دانشجو به پیشنهاد استاد راهنما و تایید بخش ۴ درس اخذ می‌کند به نحوی که حداقل ۲ درس از جدول تخصصی باشد و حداکثر ۲ درس دیگر را می‌تواند از جدول دروس اختیاری انتخاب کند.
- دانشجو می‌تواند به پیشنهاد استاد راهنما و تایید بخش، حداکثر یک درس ۴ واحدی تخصصی و یک درس ۴ واحدی اختیاری از مجموعه درس‌های کارشناسی ارشد که قبلاً نگذرانده است، انتخاب نماید.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



فصل دوّم: جداول دروس دوره دکتری

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



الف - دروس جبرانی

عنوان و مشخصات دروس جبرانی دکتری

پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			عنوان درس		ردیف
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	لاتین	فارسی	
			۴			۴	Advanced Numerical Analysis	آنالیز عددی پیشرفته	۱
			۴			۴	Advanced Operational Research	تحقیق در عملیات پیشرفته	۲
			۴			۴	Financial Mathematic 1	ریاضی مالی ۱	۳
			۴			۴	Financial Mathematic 2	ریاضی مالی ۲	۴
			۱۶			۱۶	جمع		

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



ب - دروس تخصصی

عنوان و مشخصات دروس تخصصی دکتری

ردیف	عنوان درس		تعداد واحد			تعداد ساعت		پیش نیاز (هم نیاز)
	فارسی	لاتین	نظری	عملی	کارگاهی	نظری	عملی	
۱	بازی‌های دیفرانسیلی: نظریه و کاربردها	Differential Games: Theory and Applications	۴			۴		
۲	بازی‌های دیفرانسیلی تصادفی پیشرفته	Advanced Stochastic Differential Games	۴			۴		بازی‌های دیفرانسیلی: نظریه و کاربردها
۳	بهینه‌سازی پیشرفته ۱	Advanced Optimization (1)	۴			۴		ندارد
۴	بهینه‌سازی پیشرفته ۲	Advanced Optimization (2)	۴			۴		بهینه‌سازی پیشرفته ۱
۵	بهینه‌سازی شبکه‌های ارتباطی	Communication Networks Optimization	۴			۴		تحقیق در عملیات پیشرفته یا بهینه‌سازی خطی، شبکه‌های کامپیوتری
۶	بهینه‌سازی و آنالیز محدب	Optimization and Convex Analysis	۴			۴		بهینه‌سازی پیشرفته ۱
۷	حل عددی معادلات با مشتقات جزئی	Numerical Solution of Differential Equations	۴			۴		آنالیز عددی پیشرفته
۸	حل معادلات انتگرال تکین و کاربردها	Solution of Singular Integral Equations and Applications	۴			۴		آنالیز حقیقی، حل عددی معادلات انتگرال
۹	حل عددی معادلات دیفرانسیل و انتگرال تاخیری	Numerical Solution of Delay Differential and Integral Equations	۴			۴		حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، حل عددی معادلات انتگرال
۱۰	روش عناصر متناهی	Finite Elements Method	۴			۴		آنالیز عددی پیشرفته



آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴	Advanced Techniques in Numerical Solution of ODEs	روش‌های پیشرفته در حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	۱۱
ریاضی مالی پیشرفته، آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴	Advanced Methods in Numerical Solution of Financial Problems	روش‌های پیشرفته در حل عددی مسائل مالی	۱۲
آنالیز عددی پیشرفته، آنالیز حقیقی			۴			۴	Spectral Methods	روش‌های طیفی	۱۳
بهینه‌سازی پیشرفته ۱			۴			۴	Numerical Methods in Nonlinear Programming	روش‌های عددی در برنامه‌ریزی غیرخطی	۱۴
ریاضی مالی ۱ و ۲			۴			۴	Advanced Mathematical Finance	ریاضی مالی پیشرفته	۱۵
			۴			۴	Special Topics in Mathematical Programming	مباحث ویژه در برنامه‌ریزی ریاضی	۱۶
			۴			۴	Topics in Fractional Differential Equations	مباحثی در معادلات دیفرانسیل کسری	۱۷
نظریه اندازه و احتمال			۴			۴	Stochastic Differential Equation for Financial Market	معادلات دیفرانسیل تصادفی در بازارهای مالی	۱۸
آنالیز عددی پیشرفته، آنالیز حقیقی			۴			۴	Approximation Theory	نظریه تقریب	۱۹
			۷۶			۷۶	جمع		

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



پ - دروس اختیاری

عنوان و مشخصات دروس اختیاری دکتری

ردیف	عنوان درس		تعداد واحد			تعداد ساعت		
	فارسی	لاتین	نظری	عملی	کارگاهی	نظری	عملی	کارگاهی
۱	آنالیز تابعی کاربردی	Applied Functional Analysis	۴			۴		
۲	جبر خطی عددی پیشرفته	Advanced Numerical Linear Algebra	۴			۴		
۳	سیستم‌های دینامیکی پیشرفته	Advanced Dynamical Systems	۴			۴		
۴	مباحث ویژه در آنالیز عددی	Special Topics in Numerical Analysis	۴			۴		
۵	مباحث ویژه در معادلات انتگرال	Special Topics in Integral Equations	۴			۴		
۶	مباحث ویژه در معادلات با مشتقات جزئی	Special Topics in Partial Differential Equations	۴			۴		
۷	مباحث ویژه در معادلات دیفرانسیل معمولی	Special Topics in Ordinary Differential Equations	۴			۴		
۸	مدل‌های ریاضی مشتقات مالی و بهینه‌سازی پرتفوی	Mathematical Models of Financial Derivatives and Portfolio Optimization	۴			۴		
۹	معادلات انتگرال و دیفرانسیل جبری	Integral and Differential Algebraic Equations	۴			۴		
۱۰	نظریه موجک	Wavelet Theory	۴			۴		
۱۱	نظریه و کاربرد روش‌های بدون شبکه	Theory and Application of Meshless Methods	۴			۴		
	جمع		۴۴			۴۴		

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



فصل سوم :

سرفصل دروس دوره دکتری

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



دروس جبرانی

آنالیز عددی پیشرفته Advanced Numerical Analysis

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
									*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>				آموزش تکمیلی عملی:	
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>				حل تمرین:	
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>				کارگاه:	

هدف درس:

در این درس دانشجویان مفاهیم پایداری، همگرایی و سازگاری روش‌های عددی را فرا می‌گیرند و نظریه تقریب و برخی روش‌های تقریب توابع را می‌آموزند و در نهایت با روش‌های حل عددی دستگاه معادلات غیرخطی آشنا می‌شوند.

رئوس مطالب:

آنالیز خطا و پایداری: استاندارد IEEE، آنالیز خطاهای گردکردن، آنالیز خطای انواع الگوریتم‌های عددی (مانند الگوریتم ضرب داخلی، ضرب ماتریسی، عملگرهای ریاضی در دستگاه مختلط و غیره)؛ تعریف پایداری، سازگاری و همگرایی و ارتباط آنها (قضیه هم‌ارزی لکس)، تعریف ضریب و بدست آوردن ضریب وضعیت برخی مسائل ریاضی و الگوریتم‌های عددی، انواع آنالیزهای خطا و پایداری (پیشین، پسرو، پیشرو).

آشنایی با تقریب: مسئله بهترین تقریب، قضیه وایراشتراس، تقریب یکنواخت، صورت قضیه هم‌نوسانی، چندجمله‌ای‌های چبیشف و خواص آنها از جمله خاصیت مینیمال، تقریب در نرم دو، معادلات نرمال، دستگاه یک‌متامد، چندجمله‌ای‌های متعامد و خواص آنها (از جمله خاصیت مینیمال و بحث در مورد ریشه‌ها)، چندجمله‌ای‌های لژاندر و چبیشف و لاگر و هرمیت، تقریب فوریه، تقریب کمترین مربعات گسسته.

درونیابی: مسئله وجود و یکتایی، فرمول‌های درونیابی لاگرانژ، نیتوتن، نویل، گرانیگایی و مقایسه آنها از دید پایداری و هزینه محاسباتی، برآورد خطای درونیابی به کمک فرمول هسته پانو، بحث در همگرایی، مثال رونگه، همگرایی در نرم بینهایت و نرم دو، پایداری مسئله درونیابی و ثابت لبگ، درونیابی هرمیت، درونیابی مثلثاتی و تبدیل فوریه سریع، درونیابی کسری و تقریب پاده، مسئله‌ی درونیابی تعمیم یافته، درونیابی چند متغیره، معرفی فضای هار، درونیابی روی مستطیل و مثلث.

اسپلاین‌ها: فضای اسپلاین‌ها، ریشه‌های اسپلاین‌ها، اسپلاین‌های درونیاب، انواع شرایط مرزی، اسپلاین درونیاب مکعبی و خواص آنها، B-اسپلاین‌ها و خواص آنها، درونیابی و تقریب به کمک B-اسپلاین‌ها، اسپلاین‌های چند متغیره.

انتگرال‌گیری عددی: فرمول‌های نیوتن-کانتس، برآورد خطا به کمک فرمول هسته پانو، فرمول‌های گاوسی (گاوس-لژاندر، گاوس-چبیشف، گاوس-ژاکوبی، گاوس-لوباتو، گاوس-رادو)، خواص فرمول‌های گاوسی، برآورد خطا، بسط اویلر مک لوران، برونیابی ریچاردسون، انتگرال‌گیری رامبرگ، فرمول‌های انتگرال‌گیری خاص (انتگرال‌های تکین و انتگرال روی دامنه‌های نامتناهی)، انتگرال‌گیری چندگانه روی مستطیل، مثلث و هرم.

حل معادلات غیرخطی: وضعیت و پایداری مسئله ریشه‌یابی، مروری بر روش‌های تکرار نقطه ثابت و قضایای همگرایی، مروری بر روش‌های یافتن ریشه‌های مختلط، روش نیوتن در حل دستگاه معادلات غیرخطی و آنالیز خطای آن، روش‌های نیوتن اصلاح

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



شده (حل تکراری دستگاه، روش‌های تفاضل متناهی برای تقریب ژاکوبین و...)، معرفی روش‌های شبه نیوتنی، روش برویدن، کاربرد در بهینه سازی نامقید.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- G. Dahlquist and A. Bjork, Numerical Methods in Scientific Computing, Volume I, SIAM, 2008.
- 2- W. Gautschi, "Numerical Analysis", 2nd edition, Birkhauser, 2012.
- 3- D. R. Kincaid and E. W. Cheney, "Numerical Analysis: Mathematics of Scientific Computing", 3rd edition, Brooks Cole, 2001.
- 4- R. Kress, "Numerical Analysis", Springer, 1998.
- 5- A. Quarteroni, R. Sacco and F. Saleri, "Numerical Mathematics", 2nd edition, Springer, 2007.
- 6- J. Stoer and B. Bulirsch, "Introduction to Numerical Analysis", 3rd edition, Springer, 2002.

تحقیق در عملیات پیشرفته
Advanced Operational Research

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

تجزیه و تحلیل روش‌های عددی برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی.

رئوس مطالب:

مخروط‌های چندوجهی، مجموعه‌های چندوجهی، نقاط راسی، جتهای راسی. جبر روش سیمپلکس، عملگرد ویژه سیمپلکس و شرایط بهینگی، دوگان و تحلیل حساسیت. لم فارکاش از طریق روش سیمپلکس، روش سیمپلکس، اصلاح شده و روش سیمپلکس متغیرهای کران دار، تحلیل پارامتری، تحلیل حساسیت، برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی متغیر صحیح. ارائه الگوریتم‌ها برای حل این‌گونه مسائل، الگوریتم‌های صفحات برشی و شاخه کران، روش‌های دوگان، آشنایی با برنامه‌ریزی غیرخطی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- M. S. Bazara, J. J. Jarvis and H. D. Sherali, "Linear Programming and Network Flows", J. Wiley, 1990.
- 2- D. P. Bertsekas, "Nonlinear Programming", 2nd Edition, Athena scientific, 1999.
- 3- H.A.Taha, "Operational Research, An Introduction.", 8nd Edition, Pearson Hall, 2007.



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

ریاضی مالی ۱ Financial Mathematic ۱

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
نظریه اندازه و احتمال و هم نیاز با حسابان تصادفی			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با مشتقات مالی، مدل‌های قیمت‌گذاری آن‌ها و ریاضیات مورد نیاز برای فهم و توسعه این موضوعات عمدتاً در یک چارچوب زمان-گسسته است. در این درس دانشجویان با مدل بلک-شولز و مفاهیم پایه‌ی آن نیز آشنایی پیدا می‌کنند.

رئوس مطالب:

مدل‌های گسسته: مروری بر فضاها، احتمال متناهی، تعریف فضای احتمال، متغیر تصادفی، امید ریاضی، امید ریاضی شرطی، مارتینگل، زیرمارتینگل و زبرمارتینگل، قیمت‌گذاری ریسک-خنثی، ارزش‌گذاری دارایی‌ها با تنزیل جریان‌های نقدی آتی آن‌ها، تعریف فرایند مارکوف و خاصیت مارکوف، تغییر اندازه روی فضاها، احتمال متناهی، فرایند مشتق رادان-نیکودیم، قضیه قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، مشتق‌های مالی، اختیارهای خرید و فروش اروپایی و آمریکایی، مشتق‌های آمریکایی مستقل از مسیر، زمان‌های توقف، مشتق‌های آمریکایی وابسته به مسیر، اجرای بهینه مشتق‌های آمریکایی، مدل دوجمله‌ای برای قیمت‌گذاری مشتق‌های مالی، آربیتراژ

مدل‌های پیوسته: مدل بلک-شولز، اندازه ریسک-خنثی، ارزش‌گذاری ریسک-خنثی مشتق‌های مالی، ارزش‌گذاری مشتق‌های مالی با استفاده از سبدهای بازساز

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

1. Shreve, Steven. Stochastic calculus for finance I: the binomial asset pricing model, Springer Science & Business Media, 2012.
2. Bjork, Tomas. Arbitrage theory in continuous time. Oxford university press, 3rd Edition, 2009.
3. Robert, J. Elliot, and P. Ekkehard Kopp. "Mathematics of financial markets", (2005): 217-221.

ریاضی مالی ۲ Financial Mathematic 2

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
نظریه اندازه و احتمال و هم نیاز با حسابان تصادفی			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		

هدف درس:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با موضوعات پیشرفته مالی مانند اندازه ریسک_خنثی، قضایای اساسی قیمت گذاری دارایی ها، مدل های ساختار زمانی نرخ های بهره، قیمت گذاری مشتق های مالی آمریکایی و ریاضیات مربوط به آنهاست.

رئوس مطالب:

نگاهی دیگر به معادله بلک_شولز_مرتون، حروف یونانی، اندازه ریسک_خنثی: دینامیک قیمت سهم، قیمت گذاری مشتق های مالی، قضایای اساسی قیمت گذاری دارایی ها، مدل بازار چند بعدی، سهام با سود پرداختی؛ پرداخت پیوسته، پرداخت یک جا، معادلات دیفرانسیل تصادفی و معادلات دیفرانسیل پاره ای؛ قضیه فینمن_کتس، مشتق های مالی آمریکایی زمان های توقف، تغییر واحد پول، مدل های ساختار زمانی نرخ های بهره، مدل های ساختار زمانی قیمت آتی نفت، قیمت اوراق قرضه، مدل CIR، مدل HJM

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

1. Shreve, Steven. Stochastic calculus for finance II: continuous_time models. Springer Science & Business Media, 2012.
2. Bjork, Tomas. Arbitrage theory in continuous time. Oxford university press, 3rd. Edition, 2009.
3. Robert, J. Elliot, and P. Ekkehard Kopp. "Mathematics of financial markets", (2005): 217-221.
4. Jeanblance Monique. Yor, Mark, Chesney, Mark. Mathematical Methods for Financial Markets, Springer Finance, 2009.
5. Cairns, Andrew. "Kwok YK: Mathematical Modelsof Financial Derivatives. Springer Finance, Singapore, 1998." ASTIN Bulletin 30, no. 01 (2000): 251-252.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



دروس تخصصی



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

بازی‌های دیفرانسیلی: نظریه و کاربردها
Differential Games: Theory and Applications

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

در این درس دانشجویان ابتدا مفاهیم اساسی نظریه بازی‌ها، کنترل بهینه و بازی‌های دیفرانسیلی را فرا می‌گیرند، روش‌های حل این دسته از مسائل را می‌آموزند و سپس با کاربردهای آن در مدل‌سازی مسائل اقتصادی و علوم مدیریتی آشنا می‌شوند.

رئوس مطالب:

نظریه بازی: مفاهیم اساسی نظریه بازی، بازی‌های مجموع صفر و مجموع ناصفر، بازی‌های همکارانه و غیرهمکارانه، بازی‌های قطعی و تصادفی، بازی‌های ایستا با اطلاعات کامل، بازی‌های پویا با اطلاعات کامل، بازی‌های ایستا با اطلاعات ناقص، بازی‌های پویا با اطلاعات ناقص، مفاهیم تعادلی: نش، نقطه زینی، استک‌البرگ و بهینه پاریتو، نمایش بازی‌های به فرم نرمال و گسترده، حذف متوالی استراتژی‌های اکیداً مغلوب، استراتژی‌های مختلط و وجود تعادل نش، نظریه استنتاج معکوس، بازی‌های تکراری، بازی‌های تکراری دومرحله‌ای، بازی‌های تکراری چندمرحله‌ای، نمایش بازی‌ها با شکل گسترده، تعادل نش کامل بازی فرعی، بازی‌های بی‌زین ایستا و تعادل نش بی‌زین، تعادل بی‌زین کامل، بازی‌های ائتلافی با سود قابل انتقال، هسته، بازی‌های ائتلافی بدون سود قابل انتقال، مجموعه‌های پایدار ون نیومن و مورگنسترن، ارزش شیپلی

کاربردهای نظریه بازی در اقتصاد و مدیریت: مدل انحصار دوجانبه کورنو، مدل انحصار دوجانبه برتراند، داوری نهایی، مسئله منابع عمومی، مدل انحصار دوجانبه استک‌البرگ، دستمزدها و اشتغال در یک بنگاه اتحادیه‌ای، چانه‌زنی متوالی، مساله دولت و بانک مرکزی، تعرفه‌ها و رقابت‌های بین‌المللی، تبانی در انحصار دوجانبه کورنو، دستمزدهای کارایی، سیاست پولی سازگار با زمان، حراج دوطرفه، علامت‌دهی بازار کار، سرمایه‌گذاری شرکتی و ساختار سرمایه، سیاست پولی، چانه‌زنی‌های متوالی، معمای زندانی

کنترل بهینه: مروری بر حساب تغییرات، پایداری و تعادل سیستم‌های دینامیکی، مساله کنترل بهینه خطی_درجه دوم، مساله کنترل بهینه غیرخطی، افق زمانی محدود و نامحدود، کنترل‌های بهینه حلقه‌باز و فیدبک، اصل ماکسیمم پانتری‌اگین، برنامه‌ریزی پویا و معادله (HJB)

بازی‌های دیفرانسیلی: بازی‌های دیفرانسیلی مجموع صفر و مجموع ناصفر، بازی‌های دیفرانسیلی همکارانه و غیرهمکارانه، بازی‌های دیفرانسیلی قطعی و تصادفی، بازی‌های دیفرانسیلی خطی_درجه دوم، بازی‌های دیفرانسیلی غیرخطی، افق زمانی محدود و نامحدود، ساختارهای اطلاعاتی، استراتژی‌های تعادلی، حلقه‌باز و فیدبک، اصل ماکسیمم پانتری‌اگین و معادلات دیفرانسیل دو مقدار مرزی، برنامه‌ریزی پویا و دستگاه معادلات همیلتون-ژاکوبی-بلمن

کاربردهای بازی‌های دیفرانسیلی در اقتصاد و مدیریت: بازی‌های انباشت سرمایه، سازمان‌های صنعتی و بازی انحصار چند جانبه، بازی انحصار پویا با قیمت‌های چسبنده، بازی رقابت R & D، بازی رقابت R & D و استخراج منابع، بازی‌های بازاریابی، بازی رقابت تبلیغات، بازی انحصاری قیمت‌گذاری محصول جدید، بازی‌های اقتصاد محیط زیستی، بازی منابع تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر، بازی آلودگی فرامرزی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-Robert Gibbons, "Games Theory for Applied Economics", NJ: Princeton University Press, 1992.
- 2- Martin J. Osborne, "An Introduction to Game Theory", Oxford University Press, New York, 1994.
- 3- Arthur Earl Bryson, Yu-Chi Ho, "Applied Optimal Control, Optimization, Estimation, and Control", Hemisphere Publishing Corporation, John Wiley & Sons, 1975.
- 4- B.D. Craven, "Control and Optimization", Chapman & Hall, 1995.
- 5- E.D. Kirk, "Optimal Control Theory", Dover Publications, 2004.
- 6- E.R. Pinch, "Optimal Control and Calculus of Variations", Oxford Science, 1993.
- 7-R.Vinter, "Optimal Control", Birkhauser, 2000.
- 8- J. Zabczyk, "Mathematical Control Theory", An Introduction. Birkh.user, 1992.
- 9- T. Basar, G.J. Olsder, "Dynamic Noncooperative Game Theory", Reprint of the second ed., SIAM, Philadelphia, 1999.
- 10- E. Dockner, S. Jorgensen, N.V. Long, G. Sorger, "Differential games in economics and management science", Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000.
- 11- D.W.K. Yeung, L.A. Petrosyan, "Cooperative stochastic differential games", Springer, 2005.
- 12- J.C. Engwerda, "LQ Dynamic Optimization and Differential Games", JohnWiley and Sons, 2005.

بازی‌های دیفرانسیلی تصادفی پیشرفته
Advanced Stochastic Differential Games

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			حل تمرین: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			کارگاه: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		

هدف درس:

در این درس دانشجویان با مباحثی از نظریه کنترل بهینه تصادفی، بازی‌های دیفرانسیلی تصادفی و همچنین کاربردهای آن در بازارهای مالی آشنا می‌شوند.

رئوس مطالب:

مروری بر معادلات دیفرانسیل تصادفی، معادلات دیفرانسیل تصادفی پسرو، کنترل بهینه تصادفی، برنامه‌ریزی پویا و معادله (HJB)، اصل ماکسیمم تصادفی پانتریاگین، مسائل کنترل بهینه تصادفی مبتنی بر معادلات پسرو، کنترل بهینه دینامیک‌های مکین-ولاسوف، بازی‌های مجموع صفر و مجموع ناصفر، بازی‌های تصادفی خطی-درجه دوم، شرط تعمیم یافته مینیماکس ایساک، تعادل‌های نش حلقه باز در فرمول‌بندی ضعیف، تعادل‌های نش مارکوفی، بازی‌های میانگین-میدان.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

1-Carmona Rene, "Lectures on BEDEs, Stochastic Control, and Stochastic Differential Games with Financial Applications", Princeton University, siam, 2016.

بهینه‌سازی پیشرفته (۱)
Advanced Optimization (1)

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
ندارد			۴			۴		*	
ندارد ■ □ دارد	سفر علمی: □ دارد □ ندارد ■			ندارد ■ □ دارد □ ندارد ■			آموزش تکمیلی عملی: □ دارد □ ندارد ■		
ندارد ■ □ دارد □ ندارد ■	آزمایشگاه: □ دارد □ ندارد ■			ندارد ■ □ دارد □ ندارد ■			حل تمرین: □ دارد □ ندارد ■		
				ندارد ■ □ دارد □ ندارد ■			کارگاه: □ دارد □ ندارد ■		

هدف درس:

بررسی مسائل بهینه‌سازی مقید و نامقید، مشخص نمودن شرایط بهینگی، روش‌های عددی حل این مسائل
رئوس مطالب:

نقاط اکسترمم و شرایط وجود آنها، شرایط لازم مرتبه اول و مرتبه دوم و شرط کافی بهینگی برای مسائل نامقید، راهبردهای جستجوی خطی و ناحیه اعتماد، روش‌های عددی برای مسائل بهینه‌سازی نامقید از جمله روش‌های تندترین کاهش، نیوتن، تعمیم‌های نیوتن، شبه نیوتن، مسیر مزدوج و گرادیان مزدوج و بررسی همگرایی موضعی و سراسری آنها، مماس‌ها و جهت‌های شدنی، انواع شرایط وضعیت قیود، شرایط لازم مرتبه اول و مرتبه دوم و شرط کافی بهینگی مسائل مقید، انواع دوگانی و قضایای آن در بهینه‌سازی غیرخطی، روش‌های عددی حل مسائل بهینه‌سازی مقید از جمله روش کاهش متغیرها، روش‌های جریمه‌ای، لاگرانژی فزوده و روش‌های مانعی و بررسی همگرایی آنها.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- Numerical Optimization, by J. Nocedal and S. J. Wright, Springer-Verlag, 2nd Edition, 2006.
- 2- Practical Methods of Optimization, by R. Fletcher, Wiley-Interscience, 2nd Edition, 1987.
- 3- Linear and Nonlinear Programming, by D. Luenberger and Y. Ye, Springer, 4th Edition, 2016.
- 4- Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, by Mokhtar S. Bazaraa and Hanif D. Sherali, Wiley-Interscience, 3rd Edition, 2013.

بهینه‌سازی پیشرفته (۲)
Advanced Optimization (2)

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
بهینه‌سازی پیشرفته (1)			۴			۴		*	
سفر علمی: □ دارد ■ ندارد				دارد □ ندارد ■				آموزش تکمیلی عملی: □ دارد ■ ندارد	
آزمایشگاه: □ دارد ■ ندارد				دارد □ ندارد ■				حل تمرین: □ دارد ■ ندارد	
				دارد □ ندارد ■				کارگاه: □ دارد ■ ندارد	

هدف درس:

معرفی انواع مختلف مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی و بحث در مورد روشهای حل آنها
رئوس مطالب:

معرفی انواع مسائل بهینه‌سازی غیرخطی.

مسائل برنامه‌ریزی چند سطحی و شرایط بهینگی، مسائل برنامه‌ریزی کسری و شرایط بهینگی، مسائل بهینه‌سازی غیرهموار، مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه، ارزیابی جوابهای موثر سره و جوابهای موثر ضعیف، شرایط کان تاگر برای مسائل چندهدفه، پایداری جوابهای موثر سره، دوگانگی در مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه، دوگانگی مزدوج روی جوابهای موثر ضعیف.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- J. F. Bard, "Practical Bilevel Optimization", Kluwer, 1998.
- 2- D. G. Luenberger and Y. Ye, "Linear and Nonlinear Programming", 3rd Edition, Springer, 2008.
- 3- M. M. Mäkelä and P. Neittaanmäki, "Nonsmooth Optimization", World Scientific, 1992.
- 4- K. M. Miettinen, "Nonlinear Multiobjective Optimization", Kluwer, 1999.
- 5- H. Nakayama, Y. Sawarag and T. Tanino, "Theory of Multiobjective Optimization", Academic Press, 1985.

بهینه‌سازی شبکه‌های ارتباطی Communication Networks Optimization

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
تحقیق در عملیات پیشرفته یا بهینه‌سازی خطی، شبکه‌های کامپیوتری			۴			۴			*
	سفر علمی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
	آزمایشگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			حل تمرین: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
				کارگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					

هدف درس:

باتوجه به اهمیت بهینه‌سازی در هر سیستم تحت مطالعه، این موضوع در شبکه‌های ارتباطی جایگاه ویژه‌ای دارد. زیرا شبکه‌های ارتباطی در دنیای واقعی، از ابعاد بزرگ برخوردارند.

رئوس مطالب:

معماری شبکه و الگوریتم‌ها، لینک‌ها، تسهیم آماری وصف‌ها، زمانبندی در سوئیچ‌های بسته‌ها، زمانبندی در شبکه‌های بی سیم، بهینه‌سازی تابع مطلوبیت شبکه، نظریه صف زمان پیوسته، تحلیل مجانبی صف‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- R.SRIKANT, LEIYING, Communication Networks AN OPTIMIZATION, CONTROL, AND STOCHASTIC NETWORKS PERSPECTIVE, Cambridge University Press, 2014.

بهینه‌سازی و آنالیز محدب Optimization and Convex Analysis

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
بهینه‌سازی پیشرفته (1)			۴			۴			*
	سفر علمی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد		
	آزمایشگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			حل تمرین: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			کارگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد		

هدف درس:

این درس بر مباحث اساسی در تحدب، دوگانگی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی محدب تمرکز دارد.

رئوس مطالب:

مفاهیم پایه‌ای تحدب، تحدب و بهینه‌سازی، انواع مسائل بهینه‌سازی محدب، ابرصفحه‌ها و مزدوجی، نظریه دوگان، دوگان مزدوج، دوگان لاگرانژی، دوگان فنچل، دوگان مخروطی، بهینه‌سازی مخروطی، نظریه نقطه زینی، زیرگرادیان‌ها و شرایط بهینگی، روش‌های زیر گرادیان، روش نقطه مجاور و تسریع‌سازی آن.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-Convex Optimization, by Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe, Cambridge University Press, 2004.
- 2-Convex Optimization Theory. by Dimitri P. Bertsekas, Athena Scientific, 2009.
- 3-Convex Analysis and Optimization. by Dimitri P. Bertsekas, Angelia Nedic and Asuman E. Ozdaglar, Athena Scientific, 2003.
- 4- Proximal Algorithms. N. Parikh and S. Boyd. Foundations and Trends in Optimization, 1(3):123-231, 2014



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

حل عددی معادلات با مشتقات جزئی Numerical Solution of Partial Differential Equations

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		

هدف درس:

عمده این درس حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی با روش‌های تفاضلات متناهی (FDM) است. دانشجویان در این قسمت با این روش‌ها و آنالیز پایداری و خطای آن‌ها آشنا می‌شوند. در نهایت روش‌های عددی دیگر نیز معرفی می‌شوند.

رئوس مطالب:

دسته‌بندی: دسته‌بندی معادلات دیفرانسیل جزئی و معرفی برخی معادلات دیفرانسیل جزئی مهم، طرح‌ها و عملگرهای تفاضلات متناهی روی نواحی منظم و نامنظم.

حل تفاضلات متناهی معادلات بیضوی: طرح‌های تفاضلات متناهی برای معادله لاپلاس با انواع شرایط مرزی، آنالیز خطا به کمک اصل ماکزیمم، حل روی نواحی با مرز خمیده، حل تفاضلات متناهی در مختصات قطبی و کروی، مروری بر روش‌های تکرار حل دستگاه معادلات خطی در مقیاس بزرگ.

حل تفاضلات متناهی معادلات سهموی: روش‌های صریح و ضمنی و وزنی به همراه بدست آوردن خطاهای برشی و اثبات سازگاری، آنالیز پایداری آنها با روش‌های مختلف (روش فوریه، روش ماتریسی و غیره)، اثبات همگرایی به کمک اصل ماکسیمم، حل معادله گرما در مختصات استوانه‌ای و کروی با تقارن (یک بعدی)، روش‌های چندگامی در زمان، روش خطوط و ارتباط بین پایداری معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، حل برخی مسائل غیرخطی، حل معادلات سهموی در حالت دو و سه بعدی با روش‌های صریح و روش‌های ADI و LOD همراه بررسی همگرایی و پایداری و مزایا و معایب هر یک، حل مسائل چند بعدی روی نواحی با مرز خمیده، حل معادلات انتقال گرما در مختصات قطبی و استوانه‌ای و کروی بدون تقارن.

حل تفاضلات متناهی معادلات هذلولوی: معرفی مختصات مشخصه و مروری بر حل تحلیلی معادلات موج یک طرفه (مرتبه اول) و دو طرفه (مرتبه دوم)، تعریف دامنه تأثیر، طرح‌های تفاضلاتی upwind و downwind، تعریف دامنه تأثیر عددی و شرط CFL، طرح‌های تفاضلاتی لکس-فردریش، box و leap_frog، آنالیز خطا و پایداری طرح‌های گفته شده، حل تفاضلات متناهی دستگاه‌های هذلولوی، بررسی حالت دو بعدی، حل تفاضلات متناهی معادله موج دو طرفه.

معرفی یکی از روش‌های زیر: روش حجم‌های متناهی (FVM)، روش‌های طیفی (Spectral Methods)، روش عناصر متناهی (FEM)، روش المان‌های مرزی (BEM)، روش‌های بدون شبکه (Meshless Methods).

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- W. F. Ames, "Numerical Methods for Partial Differential Equations", Academic Press, 2nd Edition, 1977.
- 2- R. J. LeVeque, "Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations", SIAM, 2007.
- 3- K. W. Morton and D. Mayers, "Numerical Solution of Partial Differential Equations", Cambridge University Press, 2nd Edition, 2005.
- 4- J. C. Strikwerda, "Finite difference schemes and partial differential equations", 2nd Edition, SIAM, 2004.



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

حل معادلات انتگرال تکین و کاربردها Solution of Singular Integral Equations and Applications

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز حقیقی، حل عددی معادلات انتگرال			۴			۴			*
	سفر علمی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/>		
	آزمایشگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			حل تمرین: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/>		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>			کارگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/>		

هدف درس:

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

رئوس مطالب:

تعریف معادلات انتگرال تکین، انواع آن شامل تکین (کوشی)، تکین ضعیف (آبل) و فوق تکین، 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، هم‌مکانی و روش‌های مبتنی بر فرمول‌های انتگرال گیری.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

1-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.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



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.

حل عددی معادلات دیفرانسیل و انتگرال تاخیری Numerical Solution of Delay Differential and Integral Equations

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، حل عددی معادلات انتگرال			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

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

رئوس مطالب:

معرفی معادلات دیفرانسیل تاخیری به همراه مثال های کاربردی، بازخوردهای تاخیری. بررسی وجود و یکتائی جواب، پایداری (موضعی و سراسری). معرفی معادلات انتگرال تاخیری، وجود و یکتائی جواب. معادلات انتگرال تاخیری با تاخیر صفرشدنی (صفرنشدنی)، وجود و یکتائی جواب. روش های هم محلی برای معادلات تاخیری، همگرایی روش و فوق همگرایی موضعی آن. روش های عددی دیگر برای حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال تاخیری.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-Yang Kuang (1993), Delay Differential Equations with Applications in Population Dynamics, Academic Press.
- 2-Smith Hal (2011), An Introduction to Delay Differential Equations with Applications in the Life Science Springer.



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

روش عناصر متناهی Finite Elements Method

دروس پیش نیاز(هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		

هدف درس:

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

رئوس مطالب:

آنالیز تابعی: فضاهاى هیلبرت، قضیه نمایش ریتس، معرفی مشتق ضعیف، فضاها و نرم‌های سوبولف. فرم ضعیف مسائل مقدار مرزی: قضایای دیورژانس و گرین، مینیمم انرژی، انواع شرایط مرزی نظریه وجود و یکتایی فرم ضعیف، فرمهای تغییراتی برای مسائل متقارن و نامتقارن، قضیه لکس-میگرام، بررسی شرایط مرزی نویمان و مخلوط. روش گلرکین: قضیه تصویر، روش گلرکین برای یک مسئله تغییراتی.

تقریب‌های عناصر متناهی: چند جمله‌ای‌های تکه‌ای خطی، درجه دو و مکعبی روی مثلث، روش تسلسلی برای ساختن پایه‌های درجه بالاتر، انتگرال‌گیری 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 چندجمله‌ای‌های تکه ای، قضیه Cea، همگرایی در نرم انرژی، همگرایی در نرم دو، همگرایی در نرم بینهایت، انواع الگوریتم‌های اصلاح شبکه.

پیاپیاده‌سازی: 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 مسائل وابسته به زمان، مسائل غیرخطی، کاربرد در مکانیک جامدات(مسائل الاستیسیته) و مکانیک سیالات.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



منابع اصلی:

- 1- Lloyd Nicholas Trefethen Spectral methods in MATLAB, Philadelphia Pa, 2000.
- 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.
- ۵- C. Canute, M.Y. Hussaini, A. Quartcroni and T.A. Zang, Spectral Methods Evolution to Complex Geometries and Applications to Fluid Dynamics, SpringerVerlag, New York, 2007 .
- 6-George Em. Karniadakis and Spencer J. Sbrwin, Spectral h-p Element Methods for CFO, New York, Oxford University Press, 1999 .
- ۷- David A. Kopriva Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations Algorithms for Scientists and Engineers, Springer-Verlag, 2009 .
- 8- Jan S. Hesthaven, Sigal Gonlieb, David Gottlieb, Spectral Methods for TimeDependent Problems, Cambridge University Press, 2007 .
- ۹- David Gottlieb. Steven A. Orszag Numerical analysis of spectral methods: theory and applications, SIAM, Philadelphia Pa, 1993 .
- ۱۰- .J. Sben, T. Tang, Spectral and High Order Methods with Applications, Science Press, China, 2006 .

روش‌های پیشرفته در حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی
Advanced Techniques in Numerical Solution of ODEs

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

مدل ریاضی بسیاری از پدیده‌های فیزیکی و مسائل مهندسی به شکل معادلات دیفرانسیل معمولی هستند که برای حل عددی روش‌های خاصی را می‌طلبنند. 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 ساختن 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.

رئوس مطالب:

مفاهیم A -پایداری، L -پایداری، $A(\alpha)$ -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 بیش سازگاری، سازگاری، صفر-پایداری و همگرایی آنها؛
معرفی GLMs با خواص پایداری رونگه-کوتا و پایداری درجه دوم؛
فرم نردسبیک 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؛

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



دانشگاه ساری

منابع اصلی:

1. E. Hairer, S. P., Norsett and G. Wanner (2008). Solving Ordinary Differential Equations II, Nonstiff Problems, Springer.
2. Z. Jackiewicz (2009). General Liner 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, 3nd edition, John Wiley & Sons.



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

روش های پیشرفته در حل عددی مسائل مالی Advanced Methods in Numerical Solution of Financial Problems

دروس پیش نیاز(هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز حقیقی ، آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

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 دانشجو می توان سرفصل های مورد نظر را تدریس نمود.

پیش زمینه های علمی:

آشنایی با ابزارها و بازارهای مالی، آنالیز عددی

رئوس مطالب:

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، مدلسازی 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 درونیابی، 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 زیرگرادیان، روش های نیوتن و ناحیه اطمینان، روش شبه نیوتن و جستجوی ساده،

بهینه سازی نامقید در متلب، روش های بهینه سازی مقید: روش تابع پنالتی، شرایط کروش-کان-تاگر، نظریه دوگان، الگوریتم

صفحه برش کلی، روش مجموعه فعال، برنامه ریزی خطی و روش سیمپلکس، دوگان در برنامه ریزی خطی، روش های نقطه



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

داخلی، برنامه‌ریزی خطی در متلب، روش‌های شاخه و کران برای بهینه‌سازی نامحدب، مدل‌های MILP، روش‌های فراابتگاری 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 مسائل‌های مالی: بهینه‌سازی پرتفوی، قیمت‌گذاری انواع مشتقات مالی
روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	+

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



دانشگاه گیلان

منابع اصلی:

- 1-Paolo Brandimarte, “*Numerical Methods and Economics in Finance: A MATLAB-Based Introduction*”, JOHN WILEY & SONS, INC, 2006.
- 2-George Levy, “*Computational Finance: Numerical Methods for Pricing Financial Instruments*”, DPhil University of Oxford, 2004.
- 3-Ali Hirsra, “*Computational Methods in Finance*”, Chapman and Hall/CRC Financial Mathematics Series, 2013.
- ۴-Kloeden, P.E. & Platen, E. (1999) *Numerical Solution of Stochastic Differential Equations*, Vol. 23 of *Appl. Math.*, Springer. Third printing.
- ۵- Kloeden, P.E., Platen, E. & Schurz, H. (2003). *Numerical Solution of SDEs Through Computer Experiments*, Springer. Thrid corrected printing.
- ۶-Platen, E. & Bruti-Liberati, N. (2010). *Numerical Solution of Stochastic Differential Equations with jumps in Finance*, Springer.

روش های طیفی Spectral Methods

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز حقیقی، آنالیز عددی پیشرفته			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

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 از با دقت عموماً نمایی (طیفی) برای حل مسائلی با جواب‌های هموار به کار می‌روند. هدف این درس مطالعه این روش‌ها و نحوه به کارگیری 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 زمینه های علمی:

آشنایی با معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، آشنایی با نظریه تقریب و تقریب با چند جمله‌ای‌ها، فرمول‌های انتگرال‌گیری، آشنایی با جبر خطی عددی، آنالیز تابعی پایه‌ای.

رئوس مطالب:

بخش اول (تقریب‌های چند جمله‌ای)

بسط فوریه پیوسته، بسط فوریه گسسته، همگرایی و پایداری بسط‌های فوریه، همگرایی طیفی، پدیده گیبس، تبدیل فوریه سریع، چندجمله‌ای‌های متعامد، مسائل اشتورم-لیوویل منظم منفرد، چندجمله‌ای‌های لژاندر، چبیشف، ژاکوبی، لاگر، هرمیت، بهترین تقریب‌های چند جمله‌ای، آنالیز خطای درونیابی و تقریب برشی و بهترین تقریب چندجمله‌ای در نرم‌های سوبولف، فرمول‌های گاوسی و آنالیز خطای آنها در نرم‌های سوبولف، تقریب‌های 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 دامنه‌های نامتناهی، روش‌های طیفی انتقال یافته و توابع گویا، روش‌های طیفی در دامنه‌های چند بعدی.

روش‌های شبه طیفی: ماتریس‌های مشتق، مقادیر ویژه ماتریس‌های مشتق، ارتباط با تفاضلات متناهی، ارتباط با روش‌های هم‌مکانی طیفی و گلرکین 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 خطا پیاده‌سازی روش.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	+

منابع اصلی:

- 1.Lloyd Nicholas trefethen, Spectral methods in MATLAB, SIAM, Philadelphia Pa,2000.
- 2.John P. Boyd, Chebyshev and Spectral Methods, Dover Publications,2000.
- 3.Bengt Fornberg, A Practical Guide to Pseudospectral Methods,Cambridge University Press , Cambridge, 1996.
- 4.C. Canuto, M.Y.Hussaoni, 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. Kainiadakis and Spencer J. Sherwin, Spectral h_p Element Methods for CFD, New York, Oxford University Press,1999.
- 7.David A. Kopriva Impolemening 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 applictions, SLAM, Philadelohia Pa, 1993.
10. J. Shen, T. Tang, Spectral and High Order Methods with Applications, Science Press, China, 2006.

روش‌های عددی در برنامه‌ریزی غیرخطی Numerical Methods in Nonlinear Programming

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
بهینه‌سازی پیشرفته ۱			۴			۴			*
■ ندارد □ دارد	سفر علمی:			■ ندارد □ دارد	آموزش تکمیلی عملی:				
■ ندارد □ دارد	آزمایشگاه:			■ ندارد □ دارد	حل تمرین:				
				■ ندارد □ دارد	کارگاه:				

هدف درس:

بررسی مسائل بهینه‌سازی مقید و انواع روش‌های حل آن، آشنایی با مسائل بهینه‌سازی ناهموار.

رئوس مطالب:

شرایط لازم مرتبه اول و مرتبه دوم و شرط کافی بهینگی مسائل مقید، تحلیل حساسیت، مسائل بهینه‌سازی درجه دوم، روش کاهش متغیرها برای مسائل درجه دوم، روش مجموعه موثر، روش لاگرانژ-نیوتن، روش‌های نقطه درونی، آشنایی با مسائل بهینه‌سازی ناهموار، شرایط لازم و کافی برای مسائل بهینه‌سازی ناهموار، شرایط بهینگی مرتبه دوم برای مسائل ناهموار.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-Numerical Analysis and Optimization, By G. Allaire, Oxford science, 2005.
- 2-Numerical Optimization, by J. Nocedal and S. J. Wright, Springer-Verlag, 2nd Edition, 2006.
- 3-Practical Methods of Optimization, by R. Fletcher, Wiley-Interscience, 2nd Edition, 1987.
- 4-Linear and Nonlinear Programming, by D. Luenberger and Y. Ye, Springer, 4th Edition, 2016.
- 5-Nonlinear Programming: Theory and Algorithms, by Mokhtar S. Bazaraa and Hanif D. Sherali, Wiley-Interscience, 3rd Edition, 2013.
- 6-Nonlinear Programming, by D. P. Bertsekas, Athena scientific, 2nd Edition, 1999.

ریاضی مالی پیشرفته
Advanced Mathematical Finance

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
ریاضی مالی ۱ و ۲			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	

هدف درس:

این درس دنباله درس ریاضی مالی یک و دو است و هدف اصلی آن آشنا کردن دانشجویان با مباحث نظری پیشرفته ریاضیات بازارهای مالی است. هدف این درس آشنایی دانشجویان با موضوعات پیشرفته مالی و ریاضیات مربوط به آنهاست. این درس دانشجویان را با فرایندهای لوی و خواص و ساختار آنها آشنا می کند و کاربردهای آنها را در ریاضی مالی می بیند.

رئوس مطالب

نگاهی دیگر به معادله بلک-شولز-مرتون، حروف یونانی، اندازه ریسک-خنثی: دینامیک قیمت سهم، قیمت گذاری مشتق های مالی، قضایای اساسی قیمت گذاری دارایی ها، مدل بازار چند بعدی، سهام با سود پرداختی؛ پرداخت پیوسته، پرداخت یک جا، معادلات دیفرانسیل تصادفی و معادلات دیفرانسیل پاره ای؛ قضیه فینمن-کتس، مشتق های مالی آمریکایی زمان های توقف، تغییر واحد پول، مدل های ساختار زمانی نرخ های بهره، مدل های ساختار زمانی قیمت آتی نفت، قیمت اوراق قرضه، مدل CIR، مدل HJM

ساختارهای زمانی نرخ های بهره و قیمت های اوراق قرضه، مدل های عاملی ساختار زمانی، مدل های آفین، مدل های نرخ بهره تک عاملی، قیمت گذاری در بازارهای ناکامل، چندمدل تک عاملی، دینامیک ساختار زمانی، چارچوب هیث-جرو-مورتون، شرط رانش و آربیتراژ، مساله سازگاری و تحقق های متناهی بعد، سبدهای مالی تعمیم یافته اوراق قرضه، مدل های مارکفی هیث-جرو-مورتون، مدل های گاوسی مارکفی، معادلات دیفرانسیل و ساختارهای زمانی.

توزیع های بی نهایت تقسیم پذیر و خواص آن، نمایش لوی-خینچین توزیع های بی نهایت تقسیم پذیر، فرایندهای با نمو های مستقل و مانا، تعریف فرایندهای لوی، حرکت براونی، فرایند پواسون ترکیبی، فرایندهای گاما، اندازه تصادفی پواسون و خواص آن، نمایش لوی-خینچین فرایندهای لوی، فرایندهای تبعی و خواص آنها، اولین زمان گذر در فرایندهای لوی، کاربرد فرایندهای لوی در ریاضی مالی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



منابع اصلی:

1. Shreve, Steven. Stochastic calculus for finance II: continuous_time models. Springer Science & Business Media, 2012.
2. Bjork, Tomas. Arbitrage theory in continuous time. Oxford university press, 3rd . Edition, 2009.
3. Robert, J. Elliot, and P. Ekkehard Kopp. "Mathematics of financial markets." (2005): 217-221.
4. Jeanblanc Monique. Yor, Mark, Chesney, Mark. Mathematical Methods for Financial Markets, Springer Finance, 2009.
5. Cairns, Andrew. "Kwok YK: Mathematical Modelsof Financial Derivatives. Springer Finance, Singapore, 1998." ASTIN Bulletin 30, no. 01 (2000): 251-252.
- 6- Musiela, M. and Rutkowski, M. Martingale methods in financial modeling, Springer, 1997. ٦
٧. Oksendal, B., Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications, 6th edition, Springer, 2003.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مباحث ویژه در برنامه‌ریزی ریاضی Special Topics in Mathematical Programming

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
■ ندارد □ دارد	سفر علمی:			■ ندارد □ دارد	آموزش تکمیلی عملی:				
■ ندارد □ دارد	آزمایشگاه:			■ ندارد □ دارد	حل تمرین:				
				■ ندارد □ دارد	کارگاه:				

هدف درس:

سوق دادن دانشجو به سمت مسائل تحقیقاتی در برنامه‌ریزی ریاضی.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

منابع اصلی:

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مباحثی در معادلات دیفرانسیل کسری Topics in Fractiona Differential Equations

دروس پیش نیاز(هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:		دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>		

هدف درس:

سوق دادن دانشجو به سمت مسائل تحقیقاتی در زمینه معادلات دیفرانسیل کسری.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

نظریه تقریب Approximation Theory

دروس پیش نیاز(هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز عددی پیشرفته، آنالیز حقیقی			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	

هدف درس:

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.

رئوس مطالب:

مسئله 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 وایرستراس، چند جمله‌ای‌های برنشتاین و مشتقات آنها، عملگرهای یکنوا، مدول پیوستگی، مرتبه همگرایی تقریب با چندجمله‌ای‌ها، قضایای جکسون، اصل کرانداری 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 یکامتعامل، 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 وایرستراس، سری فوریه و عملگر فوریه، قضیه دینی-لیپشیتس، پدیده گیسیس، هسته‌های دیریکله و فجر، بررسی همگرایی سری فوریه در نرم بینهایت و نرم دو، کاربرد اصل کرانداری 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: فضاهای 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 جامع تر و با جزئیات بیشتر و گاهی با نگاهی متفاوت ارائه شوند.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- E. W. Cheney, "Introduction to Approximation Theory", AMS Publication, 2nd edition, 1982.
- 2- E. W. Cheney and W. Light, "A Course in Approximation Theory", AMS Publication, 2000.
- 3- R. A. DeVore and G. G. Lorentz, "Constructive Approximation", Springer, 1993.
- 4- G. Nürnberger, "Approximation by Spline Functions", Springer, 1989.
- 5- M. J. D. Powell, "Approximation Theory and Methods", Cambridge University Press, 1981.
- 6- T. J. Rivlin, "An introduction to the Approximation of Functions", Dover Publication, 2003 (Republication of the originally published by the Blaisdell Publication Co. in 1669).
- 7- L. N. Trefethen, "Approximation Theory and Approximation Practice", SIAM, 2013.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



دروس اختیاری

آنالیز تابعی کاربردی Applied Functional Analysis

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز حقیقی			۴			۴	*		
■ ندارد □ دارد	سفر علمی:			■ ندارد □ دارد	آموزش تکمیلی عملی:				
■ ندارد □ دارد	آزمایشگاه:			■ ندارد □ دارد	حل تمرین:				
				■ ندارد □ دارد	کارگاه:				

هدف درس:

بررسی و مطالعه مسائل اولیه و اساسی در آنالیز تابعی و کاربردهای آن.

رئوس مطالب:

معرفی فضاهای هیلبرت و نرم‌دار-قضایای بهترین تقریب-زیر فضا و فضای خارج قسمت، حاصلضرب فضاهای هیلبرت، پایه متعاد برای فضاهای هیلبرت.

گسترش عملگرهای خطی پیوسته و فضایی جداسازی، دوگان فضاهای هیلبرت و ترانزاده عملگرهای خطی-دوگان فضاهای خارج قسمت و حاصلضرب متناهی فضاهای هیلبرت.

قضیه باناخ - گراف بسته واصل کراندار یکنواخت.

ساختن فضاهای هیلبرت فضای دو بعدی عملگر پیچش، فضای سوبولوف از توابع یک متغیره و دوکان آنها، فضاهای سوبولوف توابع چند متغیره و دوگان آنها، مقدمه ای بر آنالیز مجموعه مقدار و آنالیز محذب.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1- J. P. Aubin, "Applied functional analysis.", 2nd Edition, Pure and Applied Mathematics. Wiley-Interscience, New York, 2000.
- 2- L. F. Demkowicz and O. J. Tinsley, "Applied functional analysis.", 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 2010.
- 3- M. Milan, "Applied functional analysis and partial differential equations.", World Scientific Publishing Co., Inc., River Edge, NJ, 1998.
- 4- E. Zeidler, "Applied functional analysis. Main principles and their-applications.", Applied Mathematical Sciences, 109. Springer- Verlag, New York, 1995.



برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی

جبر خطی عددی پیشرفته Advanced Numerical Linear Algebra

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
روش های عددی در جبر خطی			۴			۴	*		
	دارد <input type="checkbox"/>	ندارد <input type="checkbox"/>	سفر علمی:	دارد <input type="checkbox"/>	ندارد <input type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:			
	دارد <input type="checkbox"/>	ندارد <input type="checkbox"/>	آزمایشگاه:	دارد <input type="checkbox"/>	ندارد <input type="checkbox"/>	حل تمرین:			
				دارد <input type="checkbox"/>	ندارد <input type="checkbox"/>	کارگاه:			

هدف درس:

در این درس دانشجویان با مباحث پیشرفته و به روز در جبر خطی عددی آشنا خواهند شد. همچنین با نظر استاد در انتها دانشجویان میتوانند به سمت مباحث تحقیقاتی سوق داده شوند.

رئوس مطالب:

مرور انواع ایده های تحلیل خطا مانند کران های خطای پیشین و پسین برای مسائل 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؛
مسئله 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 کريلوف برای مسائل 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)؛
مسائل مقدار ویژه ی غیر خطی (نظریه و الگوریتم های حل عددی آنها)؛

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



منابع اصلی:

- 1- T.A. Davis, "Direct Methods for Sparse Linear Systems", SIAM, 2006.
- 2- I.S. Duff, A.M. Erisman and J.K. Reid, "Direct Methods for Sparse Matrices", Oxford University Press, 1989.
- 3- G.H. Golub and C.F. Van Loan, Matrix Computations, 4rd edition, Johns Hopkins University Press, 2013.
- 4- N.J. Higham, "Accuracy and Stability of Numerical Algorithms", 2nd edition, SIAM, 2002.
- 5- N.J. Higham, "Functions of Matrices: Theory and Computation", SIAM, 2008.
- 6- Y. Saad, "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", 2nd edition, SIAM, 2003.
- 7- Y. Saad, Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems, 2nd edition, SIAM, 2011.

سیستم‌های دینامیکی پیشرفته
Advanced dynamical systems

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
حسابان تصادفی			۴			۴			*
سفر علمی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد				سفر علمی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
آزمایشگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد				آزمایشگاه: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
							<input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد		

هدف درس:

این درس دانشجویان با مفاهیم پیشرفته‌ای از سیستم‌های دینامیکی آشنا می‌شوند.

رئوس مطالب:

مروری بر سیستم‌های خطی و غیرخطی - نظریه پایداری سیستم‌های غیرخطی - سیستم‌های خودگردان مرتبه n - هندسه جریان و معادل بودن جریان‌ها - قضیه هارتمن - گرابمن - انشعاب‌های مقدماتی شامل تبادل پایداری، گره-زینی، چنگال، هاپف-مدارهای تناوبی و پایداری آن - سیکل حدی و مدارهای جداساز - قضیه پوانکاره-بندیکسون-انشعاب‌های موضعی سیکل حدی - قضیه منیفلد مرکزی و قضیه منیفلد مرکزی وابسته به پارامتر - فرم نرمال بیرخف - سیستم‌های هامیلتونی و گرادپانی و انشعاب‌های آن‌ها - تحلیل مدل‌های کاربردی در زمینه‌های مکانیک، زیست و غیره

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-Guckenheimer J, Holmes P. Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields. Springer Science & Business Media; 2013.
- 2- Kuznetsov Y. A. Elements of applied bifurcation theory. Springer Science & Business Media; 2013.
- 3- Wiggins S. Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos. Springer Science & Business Media; 2003.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مباحث ویژه در آنالیز عددی

Special Topics in Numerical Analysis

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
■ ندارد □ دارد	سفر علمی:			■ ندارد □ دارد	آموزش تکمیلی عملی:				
■ ندارد □ دارد	آزمایشگاه:			■ ندارد □ دارد	حل تمرین:				
				■ ندارد □ دارد	کارگاه:				

هدف درس:

سوق دادن دانشجو به سمت مسائل تحقیقاتی در آنالیز عددی.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مباحث ویژه معادلات انتگرال Special Topics in Integral Equations

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

سوق دادن دانشجو به سمت مسائل تحقیقاتی در معادلات انتگرال.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مباحث ویژه در معادلات با مشتقات جزئی Special Topics in Partial Differential Equations

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

سوق دادن دانشجو به سمت مسائل تحقیقاتی در معادلات با مشتقات جزئی.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



مباحث ویژه در معادلات دیفرانسیل معمولی Special Topics in Ordinary Differential Equations

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
■ ندارد □ دارد	سفر علمی:			■ ندارد □ دارد	آموزش تکمیلی عملی:				
■ ندارد □ دارد	آزمایشگاه:			■ ندارد □ دارد	حل تمرین:				
				■ ندارد □ دارد	کارگاه:				

هدف درس:

سوق دادن دانشجو به سمت مسائل تحقیقاتی در معادلات دیفرانسیل معمولی.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

مدل‌های ریاضی مشتقات مالی و بهینه‌سازی پرتفوی
Mathematical Models of Financial Derivatives and Portfolio Optimization

دروس پیش‌نیاز(هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، حل عددی معادلات انتگرال			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

ابتدا مبانی مشتقات و مدیریت ریسک پرتفوی، مهندسی مالی، اقتصاد مالی و حسابان تصادفی و سپس مدل‌سازی مدل‌های پیشرفته ریاضی بازارهای مالی با تاکید بر بازارهای اختیارات و روش‌های ریاضی حل این مدل‌ها بیان می‌شود. در ادامه مفاهیم و مدل‌سازی اختیارات امریکایی، مشتقات نرخ بهره و اوراق قرضه تحت نرخ بهره تصادفی و همچنین مدیریت سرمایه‌گذاری تشریح می‌شود.

رئوس مطالب:

مقدمه‌ای بر ابزارهای مشتقه، اقتصاد مالی و حساب دیفرانسیل و انتگرال تصادفی، مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار معامله، اختیارهای وابسته به مسیر، اختیار معاملات امریکایی، طرح‌های عددی برای قیمت‌گذاری اختیارات، مشتقات نرخ بهره: اختیار معاملات اوراق قرضه، ابزارهای لایبور و سواپ، مدل‌های نرخ بهره و قیمت‌گذاری اوراق قرضه

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

1. Yue-Kuen Kwok, "Mathematical Models of Financial Derivatives", Springer Finance) 2nd ed. 2008 Edition.

معادلات انتگرال و دیفرانسیل جبری Integral and Differential Algebraic Equations

دروس پیش نیاز (هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، حل عددی معادلات انتگرال			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	

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.

رئوس 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 کرونگر، شاخص مشتق گیری، 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: 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 هموارسازی از مرتبه V برای یک عملگر انتگرالی ولترا و تعریف مساله 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 هم‌محلی، روش‌های چندگامی خطی، روش‌های طیفی و بررسی تحلیل خطا و آنالیز پایداری.

معادلات انتگرال - دیفرانسیل جبری.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-C. W., Gear(1990). Differential Algebraic Equations, Indices, and Intergral 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. Philadclphia, 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. Mehrmannn(2006). Differential-Lgebraic 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. Marz and C. Tischendorf (2013). Differential-Algebraic Equations: A projector Based Analysis, Springer-Verlag, Berlin.

نظریه موجک Wavelet Theory

دروس پیش نیاز(هم نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
			۴			۴			*
■ ندارد □ دارد	سفر علمی:			■ ندارد □ دارد	آموزش تکمیلی عملی:				
■ ندارد □ دارد	آزمایشگاه:			■ ندارد □ دارد	حل تمرین:				
				■ ندارد □ دارد	کارگاه:				

هدف درس:

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

رئوس مطالب:

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. صافی های خطی، قضیه نمونه گیری، اصل عدم قطعیت، آنالیز فوریه گسسته، تبدیلات فوریه (FFT)، تبدیل Z و تابع انتقال. موجک هار، ویژگی های اساسی تابع مقیاس هار، الگوریتم تجزیه و بازسازی. آنالیز چند ریزه ساز، پردازش سیگنال، موجک دوبشی، پیچیدگی محاسباتی، تبدیل موجکی، موجک در ابعاد بالاتر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 1-A. Boggess F. J. Narcowich. "A first Course in Wavelets with Fourier Analysis", 2009.
- 2-A. Choen, "Numerical analysis of Wavelet methods", 2003.

نظریه و کاربرد روش‌های بدون شبکه
Theory and Application of Meshless Methods

دروس پیش‌نیاز (هم‌نیاز)	تعداد ساعت			تعداد واحد			نوع واحد		
	کارگاهی	عملی	نظری	کارگاهی	عملی	نظری	اختیاری	تخصصی	جبرانی
آنالیز عددی پیشرفته، آنالیز حقیقی			۴			۴			*
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	سفر علمی:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آموزش تکمیلی عملی:				
دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	آزمایشگاه:			دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	حل تمرین:				
				دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>	کارگاه:				

هدف درس:

در این درس دانشجویان با روش‌های تقریب بدون شبکه آشنا میشوند و برخی کاربردهای آنها بخصوص در حل معادلات دیفرانسیل را فرا می‌گیرند.

رئوس مطالب:

تقریب با توابع هسته (Kernel functions): توابع معین مثبت، توابع پایه‌ای شعاعی (KBF)، درونیابی با توابع پایه‌ای شعاعی؛ توابع یکنوای کامل، توصیف‌های برنشتاین-هاوسه‌لدرویدر و شونبرگ. توابع معین مثبت مشروط، توابع معین مثبت مشروط شعاعی، درونیابی با توابع معین مثبت مشروط شعاعی؛ توابع پایه‌ای شعاعی با محمل فشرده وندلند؛ فضاهای اختصاصی (Native spaces): فضاهای هیلبرت هسته‌ی باز تولید کننده، فضاهای اختصاصی توابع پایه‌ای شعاعی، فضاهای اختصاصی توابع پایه‌ای شعاعی مشروط.

تخمین خطا: تخمین خطای درونیابی با توابع پایه‌ای شعاعی، تابع توان (Power function)، تخمین برحسب اندازه تراکم (Fill distance)، اثبات همگرایی طیفی پایه‌های گوسین و چندرعی، کران‌های سوبولوف؛ بحث در پایداری درونیابی پایه‌ای شعاعی، کران‌یابی برای مقادیر ویژه و ضریب وضعیت ماتریس درونیاب در حالت‌های مختلف.

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

تقریب کمترین مربعات متحرک (MLS): باز تولید چند جمله‌ای موضعی پایدار، باز تولید چند جمله‌ای موضعی پایدار به کمک تقریب MLS، کران خطای تابع و مشتقاتش، تقریب MLS تعمیم یافته.

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

تعداد این روش‌ها زیاد است و در اینجا برخی از مهمترین آنها آمده است. بنا به انتخاب استاد چند روش را میتوان در این قسمت تدریس کرد. در این قسمت معرفی مرجع نیز به استاد واگذار میشود.

برنامه درسی
دوره: دکتری
رشته: ریاضی
گرایش: کاربردی



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	+	+	-

منابع اصلی:

- 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