



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی

(بازنگری شده)

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: ریاضی کاربردی با پنج گرایش:

۱- آنالیز عددی ۲- بهینه سازی ۳- رمزوگرد ۴- ریاضی مالی

۵- معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی

گروه: علوم پایه



تصویب جلسه شماره ۷۰ مورخ ۱۳۹۵/۰۳/۲۳

کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی



دانشگاه آزاد اسلامی

سازمان مرکزی

بسمه تعالیٰ

بخشنامه به واحدها و مراکز آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی

موضوع: ابلاغ سرفصل بازنگری شده رشته ریاضی کاربردی با پنج گرایش ۱-آنالیز عددی ۲-بهینه سازی ۳-رمز و کد ۴-ریاضی مالی ۵-معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی

سرفصل بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی با پنج گرایش ۱-آنالیز عددی ۲-بهینه سازی ۳-رمز و کد ۴-ریاضی مالی ۵-معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی مصوب جلسه شماره ۷۰ مورخ ۱۳۹۵/۳/۲۳ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جهت بهره برداری در سایت مرکز برنامه ریزی درسی قرار داده شده است و به آگاهی می رساند: www.sep.iau.ir

ضمن دریافت آن از سایت، اجرای این سرفصل از نیمسال اول سال تحصیلی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ برای دانشجویان ورودی سال ۱۳۹۶ و به بعد لازم الاجرا است. این برنامه جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی با سه گرایش ۱-آنالیز عددی ۲-تحقیق در عملیات ۳-ریاضی فیزیک مصوب جلسه ۱۲۶ مورخ ۱۳۶۷/۳/۲۸ و برنامه درسی کارشناسی ارشد رشته ریاضی گرایش ریاضیات مالی مصوب جلسه شماره ۶۶۵ مورخ ۱۳۸۶/۱۰/۲۲ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می گردد.

علیرضا رهایی

معاون آموزشی و تحصیلات تكميلی

۲۶

بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان برنامه: ریاضی کاربردی با پنج گرایش

۱- آنالیز عددی ۲- بهینه سازی ۳- رمزوکد ۴- ریاضی مالی

۵- معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی

- ۱- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی با پنج گرایش : ۱- آنالیز عددی
۲- بهینه سازی ۳- رمز و کد ۴- ریاضی مالی ۵- معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی در جلسه شماره ۷۰ مورخ ۱۳۹۵/۰۲/۲۳ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی تصویب شد.
- ۲- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی با پنج گرایش : ۱- آنالیز عددی
۲- بهینه سازی ۳- رمز و کد ۴- ریاضی مالی ۵- معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی از تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۲۲ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی با سه گرایش : ۱- آنالیز عددی ۲- تحقیق در عملیات ۳- ریاضی فیزیک مصوب جلسه شماره ۱۲۶ مورخ ۱۳۶۷/۰۲/۲۸ شورای عالی برنامه ریزی و برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی گرایش ریاضیات مالی مصوب جلسه شماره ۶۶۵ مورخ ۱۳۸۶/۱۰/۲۲ شورای عالی برنامه ریزی می شود.
- ۳- برنامه درسی مذکور از تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۲۳ برای تمامی دانشگاه ها و مؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند برای اجرا ابلاغ می شود.
- ۴- برنامه درسی مذکور برای دانشجویانی که بعد از تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۲۲ ، در دانشگاهها پذیرفته می شوند لازم الاجرا است.
- ۵- این برنامه درسی از تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۲۲ به مدت ۵ سال قابل اجراست و پس از آن قابل بازنگری است.

عبدالرحیم نوہابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

ربیعیم



فصل اول

مشخصات کلی



مقررات عمومی برنامه کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی

باپنج گرایش: آنالیز عددی - بهینه سازی - رمز و کد - ریاضی مالی - معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی

کلیه دانشگاه هایی که قبلًا مجوز اجرای رشته "ریاضی کاربردی" را به صورت کلی یا در گرایش های مختلف اخذ کرده و با کد رشته محل های مربوطه به پذیرش دانشجو در این رشته می پرداخته اند کماکان می توانند با پذیرش دانشجو در همان کد رشته محل ها نسبت به پذیرش دانشجو اقدام کنند. این دانشگاه ها می توانند با پذیرش دانشجو در کد رشته محل "ریاضی کاربردی" به صورت تجمعی اقدام کرده و هر یک از دانشجویان پذیرفته شده را با در نظر گرفتن تخصص اعضا هیأت علمی و امکانات موجود در هر یک از گرایش های اخذ شده این رشته با رعایت مقررات برنامه گرایش مربوطه در برنامه فعلی با قيد گرایش دانش آموخته کنند.

چنانچه دانشگاهی تمایل داشته باشد در رشته ریاضی کاربردی و در یکی از گرایش های برنامه که قبلًا مجوز اجرای آن را نداشته است، با کد رشته محل مجزا دانشجو پذیرد، لازم است که قبلًا نسبت به اخذ مجوز اجرا اقدام کرده و فقط در صورت احراز شرایط و پس از اخذ مجوز از وزارت عتیرت نسبت به پذیرش دانشجو با کد رشته محل مختص گرایش مربوطه اقدام کنند.

طول دوره و شکل نظام

طول دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی با پنج گرایش آنالیز عددی - بهینه سازی - رمز و کد - ریاضی مالی - معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی مطابق با آیین نامه جاری دوره هی کارشناسی ارشد وزارت عتیرت می باشد.

تعداد واحد های دوره

تعداد واحد های درسی دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی ۲۹ واحد به قرار زیر است:

درس های الزامی:

۹ واحد، شامل درس (های) اصلی گرایش یا زیر گرایش و یک درس از دروس اصلی گرایش ها یا زیر گرایش های دیگر علوم ریاضی با نظر استاد راهنمای دانشکده.

درس های تخصصی - اختیاری:

۱۲ واحد، شامل دست کم سه درس از جدول درس های تخصصی - اختیاری و حداقل یک درس با نظر استاد راهنمای و تأیید گروه از درس های اختیاری یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط.

سمینار: ۲ واحد

پایان نامه: ۶ واحد



اخذ درس سمینار و پایان نامه در نیمسال اول تحصیل مجاز نیست. برای اخذ درس سمینار نیاز به گذراندن دست کم ۹ واحد درسی و برای اخذ پایان نامه گذراندن دست کم ۱۲ واحد (که شامل درس های الزامی می باشد) و اجازه گروه ضروری است.

- دانشجویان دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی (با پنج گرایش: آنالیز عددی - بهینه سازی - رمز و کد - ریاضی مالی - معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی)، با اخذ حداقل ۶ واحد، تمام وقت محسوب می شوند. با توجه به پایه ای بودن دروس الزامی گرایش ها و تنوع ورودی های دوره های کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی به پیشنهاد گروه آموزشی مربوط و تصویب دانشگاه این دروس به جای ۳ واحد می توانند ۴ واحدی اجرا شوند. در این صورت سقف واحدهای این دوره با این تغییر از ۲۹ به حداقل ۳۲ افزایش خواهد یافت.

گروه های مجری می توانند درس های جدیدی را به عنوان درس اختیاری مطابق با روال حاری دانشگاه مصوب و ارایه دهند.

دانشجو در طول تحصیل خود نمی تواند بیش از یک درس با عنوان مباحث ویژه اختیار کند.



برنامه و سرفصل درس‌های کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی

- ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی
- ریاضی کاربردی - گرایش بهینه سازی
- ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد
- ریاضی کاربردی - گرایش معادلات دیفرانسیل و سیستم‌های دینامیکی
- ریاضی کاربردی - گرایش ریاضی مالی



ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی



فصل اول

مشخصات دوره کارشناسی ارشد گرایش آنالیز عددی



آنالیز عددی علم توسعه، طراحی، تجزیه و تحلیل الگوریتم‌های کارامد برای حل مسائل پیوسته، همان مدل‌های ریاضی پدیده‌های طبیعی شامل پدیده‌های فیزیکی، شیمیایی، اقتصادی، مالی، زیستی و ... هستند که معمولاً در قالب معادلات دیفرانسیل، معادلات انتگرال و مسائل بهینه‌سازی ظاهر می‌شوند. لذا مدل‌سازی ریاضی مسائل دنیای طبیعی بخشی از دانش آنالیز عددی است. که قسمتی از ارتباط این علم با زمینه‌های دیگر در علوم کاربردی و مهندسی را مشخص می‌کند. بررسی این مدل‌های پیوسته از نگاه نظری دارای اهمیت زیاد بوده و روش محاسبه جواب آن‌ها مبتنی بر اطلاعات صحیح از مدل پیوسته و مبانی نظری است. از این رو، این گرایش در ارتباط مستقیم با سایر گرایش‌های ریاضی محض مانند آنالیز ریاضی و جبر خطی است. معمولاً برای یافتن جواب مدل، باید حالت گستته‌ای از مدل طراحی شود که این امر لزوم بخشنی با عنوان نظریه تقریب را ایجاد می‌کند. غالباً مسائل گستته منجر به حل دستگاه‌های معادلات جبری می‌شوند که معمولاً در قالب مباحث جبر خطی عددی باید به آن‌ها پرداخت. از دیگر سو، الگوریتم‌های عددی حل مسائل گستته باید بر اساس منطق، توانایی و پیشرفت‌های علوم کامپیوتر طراحی و تحلیل شوند و لذا وجه دیگر آنالیز عددی ارتباط تنگاتنگ و فهم صحیح از محاسبات علمی است تا بتوان روش‌های تحلیل شده را به شکل بهینه و قابل اعتماد پیاده‌سازی نمود. ارتقا و به روزرسانی معماری کامپیوتراها از کنکاش‌های دقیق محققین آنالیز عددی و ملاحظات اثبات شده این علم همواره بهره برده است.

بدینه‌ی است که حل تقریبی مدل‌های پیوسته سایر گرایش‌های ریاضی کاربردی نظیر ریاضیات مالی، سیستم‌های دینامیکی و بهینه‌سازی نیز به نوعی در ارتباط با آنالیز عددی قرار می‌گیرند.

تعريف

دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی یکی از دوره‌های آموزشی-پژوهشی در سطح تحصیلات تکمیلی از نظام آموزش عالی است که بعد از دوره کارشناسی آغاز و به اعطای مردک رسمی دانشگاهی می‌انجامد. این دوره از نظر اجرایی نابع ضوابط، مقررات و آیین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است.

اهداف

در ارایه دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی، اهداف زیر دنبال می‌شود:

تربیت تیروی کارامد در:

- ایجاد پل ارتباطی بین ریاضیات با سایر رشته‌های علوم کاربردی و مهندسی؛
- تبدیل زبان تخصصی ریاضیات محض به زبان کاربرد در دنیای واقعی؛
- یافتن مدل پدیده‌های دنیای طبیعی به زبان ریاضی؛
- طراحی و تجزیه و تحلیل الگوریتم‌های عددی برای حل مدل‌های ریاضی که جواب آن‌ها به فرم بسته و دقیق در دست نیست؛
- به کارگیری پیشرفت‌های علوم کامپیوتر، محاسبات علمی و زبان‌های برنامه‌نویسی در حل عددی مسائل ریاضی.



نقش و توانانی

دانش آموز تگان دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی به طور معمول قادرند: (اگرچه ممکن است هر دانش-آموخته فقط بخشی از توانایی های زیر را بسته به جهتی که در دوره کار کرده است کسب کند)

- برای یک پدیده طبیعی مدلی ریاضی طراحی کنند;
- مدل های ریاضی را تجزیه و تحلیل و دید مناسبی از جواب (جواب های) مدل داشته باشند;
- الگوریتم های عددی موجود برای حل مسائل ریاضی را تجزیه و تحلیل کنند;
- الگوریتم های عددی جدید برای حل مسائل ریاضی طراحی و آن ها را تجزیه و تحلیل کنند;
- به متخصصین سایر رشته های علمی، در زمینه حل تقریبی مسائل روزشان راهنمایی و همکاری دهند؛
- به بخش صنعت در برخی موارد مشاوره علمی ارائه دهند؛
- در زمینه علوم کامپیوتر، محاسبات علمی و زبان های برنامه نویسی و کاربرد آن ها افرادی مطلع و تأثیرگذار باشند.

ضرورت و اهمیت

برای بررسی یک پدیده در دنیای واقعی غالباً باید آن را به زبان ریاضی تبدیل و جواب (جواب های) آن را به دست آورده و در دنیای واقعی تفسیر و استفاده کنیم. لذا از یک طرف، ضرورتی برای تبدیل زبان طبیعت به زبان ریاضی وجود دارد که بحتی چند-رشتمانی است که آنالیز عددی هم بخشی از آن است و از طرف دیگر، روش های تحلیلی در بسیاری از موقع قادر به به دست دادن جواب هایی با فرم بسته و دقیق برای مدل های ریاضی نیستند و در آنکه (نحویاً همه) موارد چاره ای به جز قناعت به یک جواب تقریبی و تجزیه و تحلیل آن به کمک علم آنالیز عددی وجود ندارد. در نتیجه برای فهم درست از پدیده های طبیعی و توسعه و بد کارگیری آن-ها در جامعه بشری، زنجیره ای وجود دارد که آنالیز عددی بخشی ضروری و لابیفک از آن است.

کلیات برنامه

عنوان دوره: کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی

پیش نیاز ورود: دارا بودن مدرک کارشناسی در یکی از رشته های مجموعه علوم ریاضی، فیزیک یا یکی از رشته های مهندسی^۵.

پذیرفته شدگان با نظر گروه آموزشی مربوط موظف به گذراندن حداقل ۶ واحد از درس های جبرانی هستند.



فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش آنالیز عددی



درس‌های الزامی گرایش آنالیز عددی

تعداد واحد	نام درس	شماره درس
۳	آنالیز عددی پیشرفته	۱
۳	آنالیز حقیقی	۲

جدول درس‌های تخصصی- اختیاری

پیش نیاز یا هم نیاز (ها)	تعداد واحد	نام درس	شماره درس
-	۳	روش‌های عددی در جبر خطی	۱
آنالیز عددی پیشرفته	۳	حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	۲
آنالیز عددی پیشرفته	۳	حل عددی معادلات انتگرال	۳
آنالیز حقیقی	۳	نظریه معادلات انتگرال	۴
آنالیز عددی پیشرفته	۳	حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی	۵
آنالیز عددی پیشرفته و آنالیز حقیقی	۳	روش عناصر متناهی	۶
آنالیز عددی پیشرفته و آنالیز حقیقی	۳	نظریه تقریب	۷
آنالیز حقیقی	۳	موجک‌ها و کاربرد آنها	۸
آنالیز عددی پیشرفته	۳	حل عددی معادلات دیفرانسیل و انتگرال کسری	۹
آنالیز عددی پیشرفته	۳	حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی	۱۰
روش‌های عددی در جبر خطی	۳	آنالیز بازه‌ای	۱۱
-	۳	مدلسازی ریاضی	۱۲
آنالیز عددی پیشرفته	۳	روش‌های بدون شبکه	۱۳
اجازه گروه	۳	مباحث ویژه در آنالیز عددی	۱۴



فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش آنالیز عددی



				آنالیز عددی پیشرفته	فارسی	عنوان
					انگلیسی	درس
				نوع واحد		
درس	تعداد	تعداد	واحد	جبرانی	اختیاری	الرامی
پیش نیاز	ساعت	واحد		نظری	عملی	نظری
مبانی آنالیز عددی (کارشناسی)	۴۸	۳		نظری	عملی	نظری
			نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد			
						حل تمرین: حداقل ۲۴ ساعت

هدف درس: در این درس دانشجویان مفاهیم پایداری، همگرایی و سازگاری روش‌های عددی را فرا می‌گیرند و نظریه تقریب و برخی روش‌های تقریب توابع و تابعی‌ها را می‌آموزنند.

ریز مطالب

آنالیز خطوط و پایداری: آنالیز خطاهای گرد کردن؛ آنالیز خطای انواع التوریتم‌های عددی (مانند الگوریتم ضرب داخلی، ضرب ماتریس، علاوه‌گرهای ریاضی در دستگاه مختلف و غیره)؛ تعریف پایداری، سازگاری و همگرایی و ارتباط آن‌ها (قضیه هم‌اززی لکس)؛ تعریف عدد حالت (ضرب و ضعیت) و به دست آوردن آن در برخی مسائل ریاضی و التوریتم‌های عددی؛ انواع آنالیز خطوط و پایداری (بیشین، پسین، پسرو، بیشرو) آشناشی با تقریب: مسئله بهترین تقریب؛ قضیه وایراشتراس؛ تقریب یکنواخت؛ صورت قضیه هم نوسان؛ چندجمله‌ای‌های چبیشف و ویرگی‌های آن‌ها؛ تقریب در نرم دو؛ معادلات نرمال؛ دستگاه یکامتعاد؛ چندجمله‌ای‌های متعدد و خواص آن‌ها؛ تقریب فوریه؛ تقریب کترین مربعت گستره.

درونویابی: مسئله وجود و یکتا؛ فرمول‌های درونیابی لاگرانژ، نیوتون، گراینگاری و مقایسه آن‌ها از دید پایداری و هزینه محاسباتی؛ برآورد خطای درونیابی به کمک فرمول هسته پثانو؛ بحث در همگرایی، مثال رونگه، همگرایی در نرم بینهایت و نرم دو؛ پایداری مسئله درونیابی و ثابت لیگ؛ درونیابی از میت؛ درونیابی مئله‌ناتی و تبدیل فوریه سریع؛ درونیابی گویا و تقریب یاده؛ مسئله درونیابی تعیین یافته؛ درونیابی چند متغیره؛ معرفی فضاهای هار.

اسپلاین‌ها: فضای اسپلاین‌ها؛ ریشه‌های اسپلاین‌ها؛ اسپلاین‌های درونیاب؛ انواع شرایط مرزی؛ اسپلاین درونیاب مکعبی و ویرگی‌های آن؛ B-اسپلاین‌ها و ویرگی‌های آن‌ها؛ درونیابی و تقریب به کمک B-اسپلاین‌ها.

انتگرال گیری و مشتق گیری عددی: فرمول‌های نیوتون-کوتا؛ برآورد خط به کمک فرمول هسته پثانو؛ فرمول‌های گاوسی (گاوس-لاندر، گاوس-زاكوبی، گاوس-لويانو، گاوس-رادو)؛ برآورد خط به بسط اویلر-مک لوران، برونیابی ریچاردسون، انتگرال گیری رامبرگ؛ فرمول‌های انتگرال گیری خاص (انتگرال گیری تکین و انتگرال روی دامنه‌های نامتناهی)؛ مشتق گیری عددی، مشتقات جزئی.

مراجع پیشنهادی

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



		روش های عددی در جبر خطی				فارسی	عنوان	
						انگلیسی	درس	
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
						الزامی		
						نظری	عملی	نظری
						نظری	عملی	نظری
بیش نیاز						جبرانی	اختیاری	الزامی
-						نظری	عملی	نظری
						نظری	عملی	نظری
						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد	حل تمرین: حداقل ۲۴ ساعت	

هدف درس: در این درس دانشجویان با روش‌های عددی کلاسیک حل دستگاه‌های معادلات خطی، مسئله کمترین مربعات، مسائل مقدار ویژه، روش‌های تکراری در حل دستگاه‌های مقیاس- بزرگ و آنالیز پایداری و همگرایی آن‌ها آشنا شوند. در هر بحث تا حد امکان مثال‌هایی از صنعت و خواسته‌های این نوع مسائل ارائه می‌گردد.

ویژه مطالعه:

مفاهیم اولیه: نرم‌های برداری و ماتریسی، ضرب‌های ماتریس- برداری، بردارها و ماتریس‌های متامد، فضای پوجی و فضاهای ستونی و سطری ماتریس‌ها.

تجزیه‌های مهم ماتریسی: تجزیه سور، تجزیه طیفی، تجزیه مقدار تکین، تجزیه قطبی.

وضعیت و پایداری: تعریف وضعیت (حالت) مسئله و پایداری الگوریتم، آنالیز‌های پایداری پرسو و پیشرو، عدد حالت دستگاه معادلات خطی، تأثیرات اختلال در دستگاه معادلات خطی، رابطه بین دقت جواب‌ها با عدد حالت مسائل.

روش‌های تجزیه مستقیم: نسخه‌های مختلف روش حذفی گاوس، آنالیز پایداری و بررسی عامل رشد خطاهای روش‌های تجزیه LU و چولکی، حل دستگاه‌های سه قطبی و هستبرگی، تحلیل پایداری، کاربردهایی از دستگاه‌های معادلات خطی.

مسئله کمترین مربعات: تجزیه QR به کمک ماتریس‌های هاسهولدر، ماتریس‌های گیوزر و الگوریتم گرم- اشحیت، یکنایی تجزیه QR، پایداری تجزیه QR، تصویر به کمک تجزیه QR، حل کمترین مربعات به کمک تجزیه QR، مقدادر تکین، SVD، قضیه وجود و یکنایی، روش گالوب- کاهان- رایش برای SVD، ویزگی‌های و کاربردهای SVD، تصویر به کمک تجزیه SVD، حل کمترین مربعات به کمک تجزیه SVD.

روش‌های تکراری برای مسائل با مقیاس بزرگ: روش‌های تکراری کلاسیک و آنالیز همگرایی کلی، روش‌های زاکوبی، گاوس- سایدل و SOR به همراه بررسی مسائل خاص از قبیل ماتریس‌های معین مشتبه.

روش‌های عددی در مسائل مقدار ویژه: خاستگاه‌های فیزیکی مقدادر و بردارهای ویژه، مکان مقدادر ویژه در صفحه مختلط و قضایای گرتگورین، مفاهیم مقدادر ویژه و ماتریس‌های ساده، شباهده و ناقص، چندگانگی جبری و چندگانگی هندسی برای مقدادر ویژه ماتریس‌ها، شکل کانولی ژوردن ماتریس‌ها، روش توانی، روش تکرار خارج قسمت ریلی، حساسیت مقدادر و بردارهای ویژه، تبدیل به ماتریس‌های مشتابه از راه قطبی‌سازی و تبدیل به فرم هستبرگ، روش تکرار QR، روش هستبرگ- QR، روش تکرار QR ضمنی، فرم حقیقی سور، محاسبه بردارهای ویژه، الگوریتم‌های عددی برای ماتریس‌های متقارن: روش دو بخشی برای ماتریس سه قطری متقارن، روش تکرار QR متقارن، روش زاکوبی.

مراجع پیشنهادی

1. G. H. Golub, C. F. Van Loan (2012). **Matrix Computations**, 4th Ed., Johns Hopkins University Press.
2. L. N. Trefethen, D. Bau, III, (1997). **Numerical Linear Algebra**, SIAM.
3. J. W. Demmel (1997). **Applied Numerical Linear Algebra**, SIAM.
4. David S. Watkins (2002). **Fundamental of Matrix Computations**, 2nd. Ed., Wiley.
5. N. J. Higham (2002). **Accuracy and Stability of Numerical Algorithms**, 2nd. Ed., SIAM.
6. Y. Saad (2003). **Iterative Methods for Sparse Linear Systems**, 2nd. Ed., SIAM.
7. B. N. Datta (2010). **Numerical Linear Algebra and Applications**, 2nd. Ed., SIAM.



حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی				فارسی	عنوان
Numerical Solution of Ordinary Differential Equations				انگلیسی	درس.
درس هم نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد		
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۳	جبرانی عملی	اختیاری عملی	الزامي نظری عملی
			نظری	نظری	نظری
			نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد		
			حل تمرین: حداقل ۲۴ ساعت		

هدف درس: در این درس دانشجویان روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل معمولی را به همراه آنالیز خطای خطا و پایداری فرا می‌گیرند.

ریز مطالب:

روش‌های کلاسیک: روش‌های اویلر پیشرو و بیسرو و ذوزنقه‌ای به همراه آنالیز خطای خطا و آنالیز خطای مجانی (برونیانی ریچاردسون)، پایداری عددی، A-پایداری و صفر-پایداری، رابطه بین پایداری، سازگاری و همگرایی، تأثیر خطاهای گرد کردن، حل دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی

روش‌های رونگه-کوتا: جدول ضرایب بوجر، همگرایی، پایداری و خطای مجانی روش‌های رونگه-کوتای صريح، روش‌های پیشنهادی و اصلاح خطای در این روش‌ها؛ روش‌های رونگه-کوتا-خلنیرگ، روش‌های رونگه-کوتای ضمنی و جدول ضرایب بوجر، آنالیز همگرایی و پایداری آن‌ها، حوزه‌های پایداری.

روش‌های چندگاهی: روش‌های آدامز- بشفورت و آدامز- مولتن، آنالیز خطای پایداری و سازگاری، پایداری نسبی و پایداری ضعیف و مفهوم G-پایداری، حوزه‌های پایداری این روش‌ها، نحوه پیاده‌سازی.

مراجع پیشنهادی

1. D. Lambert (1991). **Numerical Methods for Ordinary Differential Equations: The Initial Value Problems**, 2nd. Ed., Wiley.
2. J. C. Butcher (2003). **Numerical Methods for Ordinary Differential Equations**, Wiley.
3. R. J. LeVeque (2007). **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equation**, SIAM.
4. K. E. Atkinson, W. Han, D. Stewart (2009). **Numerical Solution of Ordinary Differential Equations**, Wiley.
5. D. F. Griffiths and D. J. Higham (2010). **Numerical Methods for Ordinary Differential Equations**, Springer.



حل عددی معادلات انتگرال				فارسی	عنوان
				انگلیسی	درس
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد		
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۲	جبرانی	اختیاری	الزامي
			عملی نظری	عملی نظری	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				حل تمرین: حداقل ۲۴ ساعت	

هدف درس: معادلات انتگرال به عنوان یکی از مهمترین مباحث در ریاضیات محاسباتی نقش انکارنابذیری را در نظریه معادلات عملگری ایفا می‌کند. اکثر مدل‌بیانی از پدیده‌های طبیعی یک معادله انتگرال است اما اهمیت اصلی معادلات انتگرال به واسطه تبدیل برخی معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی به این دسته از معادلات بوده و به دلیل پایداری روش‌های انتگرال‌گیری عددی و ویژگی‌های عملگر انتگرالی نسبت به روش‌های مشتق‌گیری عددی، حل عددی آن‌ها مورد نظر است. انتظار می‌رود در این درس داشجوبیان ضمن آشنایی با مفاهیم اولیه مرتبط با معادلات انتگرال و ضمن مطالعه روش‌های عددی مختلف برای انواع آن‌ها از نوع ولترا و فردholm، توانایی تجزیه و تحلیل روش‌ها را تیز به دست آورند.

ریز مطالب:

مقدمه‌ای بر معادلات انتگرال: تقسیم‌بندی مسائل ریاضی در ریاضیات محاسباتی، دسته‌بندی معادلات انتگرال (نوع اول، نوع دوم، نوع سوم، نوع چهارم؛ فردholm و ولترا؛ خطی و غیرخطی؛ تکین و ناکین)، خوش وضعی و بدوضوعی معادلات انتگرال، ارتباط معادلات انتگرال و معادلات دیفرانسیل (ممولی و جزئی)، بررسی وجود و یکتاپی جواب معادلات انتگرال.

حل عددی معادلات انتگرال فردholm نوع دوم: بررسی خواص عملگر انتگرال فردholm فشرده و غیرفشرده روی فضای توابع پیوسته (D) و فضای L². روش هسته تابهیده، روش نیشترم، روش‌های تصویری (نظریه کلی، روش هم‌مکانی، روش گالرکین، روش‌های طبیعی، روش‌های تصویری تکراری، آنالیز خطای روش‌های تصویری، فوق همگرایی)، حل عددی معادلات انتگرال ولترا نوع دوم.

حل عددی معادلات انتگرال نوع اول: حل عددی معادلات انتگرال نوع اول فردholm (نظریه کلی، روش منظم‌سازی، روش افزوده گالرکین)، حل عددی معادلات انتگرال نوع اول ولترا.

مراجع پیشنهادی

1. L. M. Delves and J. L. Mohamed (1985). **Computational Methods for Integral Equations**, Cambridge University Press.
2. P. Linz (1985). **Analytical and Numerical Methods for Volterra Equations**, SIAM.
3. K. E. Atkinson (1997). **The numerical solution of integral equations of the second kind**, Cambridge University Press.
4. A. J. Jerri (1999). **Introduction to Integral Equations with Applications**, John Wiley & Sons.
5. H. Brunner (2004). **Collocation Methods for Volterra Integral and Related Functional Differential Equations**, Cambridge University Press.
6. W. Hackbusch (2012). **Integral Equations: Theory and Numerical Treatment**, Birkhäuser.
7. R. P. Kanwal (2013). **Linear Integral Equations: Theory and Techniques**, 2nd. Ed., Birkhäuser.
8. R. Kress (2014). **Linear Integral Equations**, 3rd. Ed., Springer-Verlag.



نظریه معادلات انتگرال				فارسی	عنوان	
				انگلیسی	درس	
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد		
آنالیز حرفی	۳		جبرانی	اختیاری	الزامی	
			عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری	
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد		

هدف درس: نظریه معادلات انتگرال یکی از جنبه‌های عینی و مهم نظریه معادلات عملگری است. بررسی ویژگی‌های کرانداری و فشرده‌گی عملگرهای انتگرال از جمله ویژگی‌های مهمی است که در این درس مورد نظر است. در این درس دانشجویان ضمن آشنایی با معادلات انتگرال کلاسیک به ارتباط بین معادلات دیفرانسیل سعمولی و جزئی با شرایط اولیه و مرزی مختلف، بین برده و خمن ساخت معادلات انتگرال مرزی و تکین به بررسی شرایط وجود و یکتاپی جواب و نیز روش‌های حل تحلیلی معادلات انتگرال ولترا و فردھلم در فضای توابع پیوسته $C(D)$ و فضای L^2 می‌پردازند.

ریز مطالعه

مقدمه‌ای بر آنالیز تابعی: فضاهای خطی نرم‌دار، عملگرهای خطی، دستگاه یکاً منعادم، مسئله بهترین تقریب، خواص عملگرهای انتگرال خطی کراندار و فشرده، اصل کرانداری یکنواخت، قضیه آرزا-اسکولی، ویژه مقدار و ویژه تابع، قضیه تناوبی فردھلم، عملگرهای خودالحاق، قضیه نسبیت ریس، فضای دوگان، فرم‌های دوخطی و شبیه خطی، مشتق فرشه

مقدمه‌ای بر معادلات انتگرال: دسته‌بندی معادلات انتگرال (نوع اول- نوع دوم- نوع سوم- نوع چهارم- فردھلم و ولترا- خطی و غیرخطی- تکین و ناتکین)، خوش وضعی و بدوضعی معادلات انتگرال، تبدیل مسائل مقدار اولیه و مرزی با شرایط مختلف در قالب معادلات دیفرانسیل سعمولی و جزئی به معادلات انتگرال، تابع دلتای دیراک، روش تابع گرین، بررسی وجود و یکتاپی جواب معادلات انتگرال.

معادلات انتگرال ولترا: بررسی ویژگی‌های عملگرهای انتگرالی ولترا فشرده و غیرفسرده بر فضای توابع پیوسته (D, C^d, d, C^d) و نیز بررسی شرایط منظم برای جواب‌ها، روش‌های تکراری (تقریبات متوالی- سری نیومن- روش هسته‌های تکراری- روش هسته حلال و بررسی شرایط همگرایی آنها)- استفاده از تبدیلات انتگرالی.

معادلات انتگرال فردھلم: بررسی ویژگی‌های عملگرهای انتگرالی فردھلم فشرده و غیرفسرده بر فضای توابع پیوسته $(C(D), C^d)$ و فضای L^2 . روش هسته جدایی‌پذیر، (روش‌های تکراری) تقریبات متوالی- سری نیومن- روش هسته‌های تکراری- روش هسته حلال فردھلم و بررسی شرایط همگرایی آنها- (خواص هسته حلال- نظریه تناوبی فردھلم و قضایای مربوط).

نظریه هیلبرت- اشمتیت برای هسته‌های متقاضان: بررسی ویژگی‌های ویژه مقدارها و ویژه تابع‌های هسته‌های متقاضان، قضیه هیلبرت- اشمتیت، قضیه مرکر، مقاهم تباہیدگی، سادگی و چندگانگی ویژه مقدارهای هسته‌های متقاضان، هسته‌های بردیه، فرم دوخطی هسته‌های متقاضان، حل معادلات انتگرال با هسته متقاضان، تقریب یک هسته (نه لزوماً متقاضان) با یک هسته جدایی‌پذیر.

معادلات انتگرال منفرد و متفاوت- ضعیف: آشنایی با معادلات انتگرال آبل، معادلات انتگرال کوشی، معادلات انتگرال هیلبرت، معادلات انتگرال کارلسن، معادلات انتگرال وینر- هوپ همگن و ناهمگن

معادلات انتگرال مرزی: معادلات انتگرال مرزی (مسئله دیریکله، مسئله نیومن)، مسائل بروشی (مسئله نیومن و دیریکله بروشی)، معادلات انتگرال مرزی مستقیم، معادلات انتگرال مرزی نوع دوم، معادلات انتگرال مرزی نوع اول، معرفی فضاهای سوبولف

مراجع پیشنهادی

1. C. Corduneanu (1991). *Integral Equations and Applications*, Cambridge University Press.
2. M. Masujima (2005). *Applied Mathematical Methods in Theoretical Physics*, John-Wiley.
3. K. E. Atkinson and W. Han (2005). *Theoretical Numerical Analysis*, Springer.
4. G. C. Hsiao and L. W. Wolfgang (2008). *Boundary Integral Equations*, Springer.
5. R. P. Kanwal (2013). *Linear Integral Equations: Theory and Techniques*, Second Edition, Birkhäuser.
6. R. Precup (2013). *Methods in Nonlinear Integral Equations*, Springer.
7. R. Kress (2014). *Linear Integral Equations*, Third Edition, Springer-Verlag.



حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی				فارسی	عنوان
Numerical Solution of Partial Differential Equations				انگلیسی	درس
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد		
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۳	جبرانی	اختیاری	الزامی
			عملی	نظری	عملی
آنالیز عددی پیشرفته	نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد		نظری	عملی	نظری
					حل تمرین: حداقل ۲۴ ساعت

هدف درس: عمدۀ این درس حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی با روش‌های تفاضلات متناهی (FDM) است. دانشجویان در این درس با روش‌های حل معادلات بخصوصی، سهموی و هذلولوی آشنایی شوند و نحوه انجام آنالیز‌های بایدیاری و خطای آن‌ها را آموزش می‌بینند. معایب و مجانب روش FDM را تشخیص می‌دهند و برای روش‌های عددی دیگر در حل این نوع معادلات کاملاً آماده می‌شوند. پس از آنکام این درس دانشجو تقریباً برای حل هر معادله‌ی دیفرانسیل مقدار مرزی اینده‌ای خواهد داشت.

پیشنهادهای علمی لازم دانشجو بیش از اخذ این درس لازم است تا درس معادلات دیفرانسیل جزئی دوره کارشناسی را گذرانده و آشنایی کافی با یکی از نرم‌افزارهای ریاضی مانند Matlab و یا یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی مانند Fortran با C داشته باشد.

ریز مطالعه

دسته بندی و دیدگاه‌های فیزیکی: دسته بندی معادلات دیفرانسیل جزئی و معرفی برخی معادلات دیفرانسیل جزئی مهم، چند مدلسازی از مسائل فیزیکی مانند پخش و انتقال، طرح‌ها و عملگرهای تفاضلات متناهی روی نواحی منظم و نامنظم.

حل تفاضلات متناهی معادلات بخصوصی: طرح‌های تفاضلات متناهی برای معادله لابلاس با انواع شرایط مرزی، آنالیز خطای کمک اصل ماکسیم و تابع محکم، حل معادلات بخصوصی در حالت کلی تر، حل روی نواحی با مرز خمیده، حل تفاضلات متناهی در مختصات قطبی و کروی، طرح‌های تفاضل متناهی فشرده.

حل تفاضلات متناهی معادلات سهموی: روش‌های صریح و ضمنی و وزنی به همراه خطاهای برشی و اثبات سازگاری، آنالیز بایدیاری آنها با روش‌های مختلف (روش فوریه، روش ماتریسی و غیره)، اثبات همگرایی به کمک اصل ماکسیم، روش‌های چندگامی در زمان، روش خلط و ارتباط بین بایدیاری معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، حل برخی مسائل غیر خطی، حل معادلات سهموی در حالت دو و سه بعدی یا روش‌های صریح و روش‌های ADI و LOD به همراه بررسی همگرایی و بایدیاری و مزايا و معایب هر یک، حل مسائل چندبعدی روی نواحی با مرز خمیده، حل معادلات انتقال گرما در مختصات قطبی، استوانه‌ای و کروی.

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 داسنه تأثیر، طرح‌های تفاضلات بادسو (downwind و upwind)، تعریف داسنه تأثیر عددی و شرط CFL، طرح‌های تفاضلاتی لکس-وندروف و لکس-فردریش، leap-frog و box، آنالیز خطای بایدیاری طرح‌های گفته شده، طرح‌های TVD، معادلات قانون بقا، مختصه درباره‌ی روش حجم‌های متناهی (FVM) برای معادلات قانون بقا، بررسی حالت دو بعدی، حل تفاضلات متناهی معادله موج دو طرفه.

مراجع پیشنهادی

1. J. W. Thomas (1995). Numerical PDE: Finite Difference Methods, Vol. I, Springer.
2. J. W. Thomas (1999). Numerical PDE: Conservation Laws and Elliptic Equations, Vol. II, Springer.



3. G. Evans, J. Blakedge and P. Yardley (2000). **Numerical Methods for PDE**. Springer.
4. W. F. Ames (2004). **Numerical Methods for Partial Differential Equations**, 2nd. Ed., Academic Press.
5. J. C. Strikwerda (2004). **Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations**, 2nd. Ed., SIAM.
6. K. W. Morton, D. Mayers (2005). **Numerical Solution of Partial Differential Equations**, 2nd. Ed., Cambridge University Press.
7. R. M. M. Mattheij, S. W. Rienstra, J. H. M. Thijssen (2005). **Partial Differential Equations: Modeling, Analysis, Computation**, SIAM.
8. R. LeVeque (2007). **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations**, SIAM.



روش عناصر متناهی						فارسی	عنوان
						انگلیسی	درس
Finite Elements Method							
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد				نوع واحد	
آنالیز عددی پیشرفته و آنالیز حقیقی	۶۴	۳	جبرانی عملی	نظری عملی	اختیاری عملی	الزامي نظری عملی	حل تمرین: حداکثر ۲۴ ساعت
نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف درس: روش عناصر متناهی یکی از روش‌های پایه‌ای و محبوب در حل معادلات دیفرانسیل مقدار مرزی است که در آن از یک طرف داشجو برای اولین بار با مفهوم جواب فرم ضعیف (جواب توزیعی) آشنا می‌شود و از سوی دیگر نحوه کاربرد تقریب‌های چندجمله‌ای موضعی برای یافتن جواب این نوع معادلات را فرا می‌گیرد. ابزارهای ساده در آنالیز تابعی به صورت کاملاً ملموس در این درس استفاده می‌شوند و داشجو علاوه بر پیاده سازی عددی، همگرانی جواب‌های حاصل شده را نیز بررسی می‌کند.

پیشنبازهای علمی لازم: داشجو پیش از اخذ این درس معادلات دیفرانسیل جزئی دوره کارشناسی را گذرانده، با مقدمات آنالیز تابعی آشنا باشد و تسلط کافی با یکی از نرم‌افزارهای ریاضی مانند Matlab و یا یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی مانند Fortran یا C داشته باشد.

روز مطالعه

آنالیز تابعی: فضاهای هیلبرت، قضیه نمایش رس، معرفی مشتق ضعیف، فشاها و نرم‌های سوبولف، ناماوی سوبولوف و بوانکاره (بدون اثبات).

فرم ضعیف مسائل مقدار مرزی: قضایای دیورزاں و گرین، مینیمم البرزی، انواع شرایط مرزی، نظریه وجود و یکتاپی فرم ضعیف، فرم‌های تغییراتی برای مسائل متقارن و نامتقارن، قضیه لکس-سیلگرام، بررسی شرایط مرزی تویمان و مخلوط

روش گالرکین: قضیه تصویر، روش گالرکین برای یک مسئله تغییراتی

درونویابی چندجمله‌ای و تقریب‌های عناصر متناهی: مروری بر درونویابی به وسیله چندجمله‌ای‌ها در فضاهای یک و دو بعدی و کران خطای درونویابی قطعه‌ای خطی چندجمله‌ای‌های تکمای خطی، درجه دو و مکعبی روی بازدها و مثلث، روش تسلی برای ساختن پایه‌های درجه بالاتر، انتگرال‌گیری عددی روی متنث‌ها، اسپلیت کردن و تولید ماتریس سختی، عناصر مستطبی.

روش عناصر متناهی برای مسائل مقدار مرزی (یک و دو بعدی): فرمول‌بندی روش آنالیز خطای پیشین در نرم افزاری (Cea) و نرم ¹ آنالیز خطای پیشین در نرم افزاری، تعریف عملکردهای تصویر ² و تصویر ریز و کران خطای آنها.

روش‌های (CG(1) و DG(0) برای حل مسائل مقدار اولیه: فرمول‌بندی روش‌ها و آنالیز خطای پیشین و پیشین.

روش عناصر متناهی برای معادلات سه‌بعدی: نیم‌گسته‌سازی معادله گرما نسبت به متغیر مکان با روش عناصر متناهی، آنالیز پایداری و آنالیز خطای پیشین، گسته‌سازی کامل معادله گرما با ترکیب با گسته‌سازی زمانی به وسیله روشی تفاضل متناهی و آنالیز خطای پیشین آن.

روش عناصر متناهی برای معادلات هذلولوی: نیم‌گسته‌سازی معادله موج نسبت به متغیر مکان با روش عناصر متناهی، آنالیز پایداری و قانون بنای افزایشی و آنالیز خطای پیشین گسته‌سازی کامل معادله موج با ترکیب با گسته‌سازی زمانی به وسیله روشی تفاضل متناهی و آنالیز خطای پیشین آن.



مراجع پیشنهادی

1. G. Strang, G.J. Fix (1973). **An Analysis of the Finite Element Method**, Prentice-Hall.
2. P. G. Ciarlet (1978). **The Finite Element Method for Elliptic Problems**, North-Holland.
3. J. N. Reddy (1993). **An Introduction to the Finite Element Method**, McGraw-Hill, Inc. 2nd edition.
4. M. S. Gockenbach (2006). **Understanding and Implementing the Finite Element Method**, SIAM.
5. D. Braess (2007). **Finite Elements, Theory, Fast Solvers, and Applications in Elasticity Theory**, Cambridge University Press, 3rd. Ed.
6. S. C. Brenner, L. R. Scott (2008). **The Mathematical Theory of Finite Element Methods**, Springer, 3rd. Ed.



								فارسی	نظریه تقریب	عنوان درس
								انگلیسی		
Approximation Theory										
دروس	تعداد	تعداد		نوع واحد						
پیش نیاز	ساعت	واحد								
آنالیز عددی پیشرفته و آنالیز حقیقی	۳			جبرانی	اختیاری	الزامي				
				عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	
				نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد

هدف درس: در آنالیز عددی مسائل پیوسته ریاضی گسته‌سازی و به صورت تقریبی در فضاهای با بعد متناهی حل می‌شوند. اگر گسته‌سازی بر اساس معیارهای آنالیز عددی درست انجام شود، با اصلاح کردن آن جواب مسئله گسته به جواب مسئله پیوسته میل خواهد کرد. هدف این درس آشنایی دانشجویان با نظریه تقریب که ارتباط بین مسئله پیوسته و مسئله گسته را برقرار می‌کند، است. در این درس تقریب‌های چندجمله‌ای، مثلثاتی، گویا و اسپلاین‌ها در برخی نرم‌ها و در حالت یک بعدی بررسی خواهد شد.

ریز مطالب

مسئله پیشترین تقریب: یادآوری فضاهای متریک و فضاهای ضرب داخلی، وجود بهترین تقریب در فضاهای متریک و نرم‌دار، نرم اکیداً محدب، یکتایی بهترین تقریب، عملگرهای تقریب و پیوستگی آنها، ثابت‌های لیگ، مروری بر نظریه درونیابی.

تقریب یکنواخت: قضیه واپرشارس، عملگرهای یکنواخت، چندجمله‌ای‌های برترشان و مستقات آنها، مدول پیوستگی، مرتبه همگرایی تقریب با چندجمله‌ای‌ها، قضایای جکسون، اصل کرانداری یکنواخت، بهترین تقریب چندجمله‌ای یکنواخت (چندجمله‌ای مینیماکس)، اثبات قضیه هم نوسانی و ساختار بهترین تقریب یکنواخت، قضیه یکتایی، تعصیم به زیرفضاهای هار، چندجمله‌ای‌های چیشیده، تقریب روی مجموعه متناهی از نقاط، روش‌های محاسباتی شامل الگوریتم رمز و همگرایی آن، روش‌های برنامه ریزی خطی، نزدیک بهترین تقریب (near-best)، تقریب کارآئی دوری خیز.

تقریب کمترین مربعات: قضیه تقریب در نرم دو، معادلات ترمال، دستگاه یکامتعادم، چندجمله‌ای‌های متعادم و خواص آنها، همگرایی سطوح متعادم و فضاهای کامل، همگرایی طیقی سطوح‌های لزاندر، چیشیده، لاغر، ارمیت، مسئله سُتُرم-لیوویل، مروری بر فرمول‌های انتگرال گیری گاوس، تقریب کمترین مربعات روی مجموعه متناهی از نقاط.

تقریب توابع متناوب: چندجمله‌ای‌های مثلثاتی، قضیه واپرشارس برای چندجمله‌ای‌های مثلثاتی، سری فوریه و عملگر فوریه، قضیه دینی-لیپشیتس، پدیده گیبس، هسته‌های دیریکله و قیر، بررسی همگرایی سری فوریه در نرم یکنواخت و نرم دو، کاربرد اصل کرانداری یکنواخت در تقریب فوریه، تقریب فوریه گسته و تبدیل سری فوریه، بررسی همگرایی طیقی و یا باندیاری تقریب فوریه و ارتباط با تقریب‌های چندجمله‌ای.

اسپلاین‌ها: قضای اسپلاین‌ها، اسپلاین‌های درونیاب و B-اسپلاین‌ها و خواص بازگشتی آنها، همگرایی تقریب با اسپلاین‌ها، یافتن خطای پتانو، اسپلاین‌های کاسل، تقریب کمترین مربعات با اسپلاین‌ها، منحنی‌های بزیه.

تقریب گویا: بهترین تقریب کسری در نرم بیشایت، قضیه وجود و ساختار بهترین تقریب، الگوریتم رمز، کسرهای تسلسلی، درونیابی گویا و الگوریتم‌های کارا برای آن

مراجع پیشنهادی

1. M. J. D. Powell (1981). **Approximation Theory and Methods**, Cambridge University Press.
2. E. W. Cheney (1982). **Introduction to Approximation Theory**, AMS Publication, 2nd edition.
3. G. Nürnberger (1989). **Approximation by Spline Functions**, Springer.
4. R. A. DeVore and G. G. Lorentz (1993). **Constructive Approximation**, Springer.
5. E. W. Cheney and W. Light (2000). **A Course in Approximation Theory**, AMS Publication.
6. T. J. Rivlin (2003). **An Introduction to the Approximation of Functions**, Dover Publication (Republication of the originally published by the Blaisdell Publication Co. in 1966).
7. G. M. Phillips (2003). **Interpolation and Approximation by Polynomials**, Springer.
8. L. N. Trefethen (2013). **Approximation Theory and Approximation Practice**, SIAM.



موجک‌ها و کاربرد آنها						فارسی	عنوان درس
						انگلیسی	
Wavelets and Their Application							
درس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
آنالیز حقیقی	۴۸	۳	جبرانی	اختیاری	الزامی	نظری	عملی
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد	

هدف درس: در این درس دانشجویان با موجک‌ها به عنوان ابزاری کارا در نظریه تقریب آشنا خواهند شد. کاربردهای آنها در پردازش تصویر و معادلات دیفرانسیل نیز از اهداف دیگر این درس است.

ریز مطالب:

مقدمات ریاضی: فضاهای خطی و برداری، فضاهای فرمدار و کامل، فضای هیلبرت، مقدماتی بر نظریه عملگرهای خطی، بایه‌های ریس و تغییر بایه‌ها، تقریب با تصاویر متعدد، سیگنال‌های دیجیتال، تبدیل Z و معکوس آن.

آنالیز فوریه: تابع شانه ای و هسته سری‌های فوریه، تبدیل فوریه و خواص آن، انتقال‌های زمانی و مقیاس زمانی، ممان‌ها، پیچش، قضیه پارسال، پالس‌های متعدد، مثلثی و تابع گاوی، قضیه نمونه برداری، بدیده گیبس، آنالیز فوریه سیگنال‌های گسته زمانی، آنالیز فوریه گسته، تبدیل فوریه گسته.

آنالیز فرکانس - زمان: توابع بنجره‌ای، تبدیل فوریه کوتاه زمانی، تبدیل گابور، خواص STFT، تبدیل موجک پیوسته، سری‌های موجک، توزیع ویگنر - ولن و خواص آن.

آنالیز تجزیه چندمقیاسی: آنالیز موجک‌های ریز، فضاهای جند سطحی، تجزیه متعدد، دو متعددی و شبیه متعدد، روابط دو مقیاسی، روابط تجزیه و بازسازی، توابع B-اسپلین 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 شبیه متعدد اسپلین، ساخت موجک‌های متعدد، توابع مقیاس متعدد شانه میر، لماری، دایشتر، ساخت موجک‌های دو متعددی، موجک‌های چندگانه.

تبدیل موجک گسته و الگوریتم‌های فیلتر بانک: نسایش سیگنال در زیر فضای تقریبی، بازسازی فیلتر بانک‌ها، ارایه فیلتر بانک‌های جند حالت، تبدیل موجک گسته.

تبدیل سریع انتگرال و کاربردهای آن: تظریف زمان و مقیاس، تبدیل موجک انتگرال.

موجک و پردازش تصویر: کاربرد موجک‌ها در پردازش تصویر، فشرده سازی و حذف نویز با موجک‌ها

موجک و معادلات دیفرانسیل: عدد حالت ماتریس، مقدمه‌ای بر روش‌های طیفی، روش‌های موجک-گالرکین برای معادلات دیفرانسیل

مراجع پیشنهادی

1. David F. Walnut (2002). **An Introduction to Wavelet Analysis**, Birkhauser Boston.
2. E. Aboufadel and S. Schlicker (1999). **Discovering Wavelets**, John Wiley & Sons, Inc.
3. A. Boggess, F.J. Narcowich (2009). **A First Course in Wavelets with Fourier Analysis**, Prentice Hall.



حل عددی معادلات دیفرانسیل و انتگرال کسری				فارسی		عنوان	
Numerical Solution of Fractional Differential and Integral Equations				انگلیسی		درس	
درس هم نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
آنالیز عددی پیشرفته	۳		نیاز به اجرای پروژه عملی؛ ندارد	جهواني	اختیاری	الزامي	
				عملی	نظری	عملی	نظری

هدف درس: در این درس دانشجویان با حسابان مرتبه کسری شامل انواع انتگرال و مشتق مرتبه کسری آشنایی شوند و برخی روش‌های مرسوم در حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال مرتبه کسری را می‌آموزند.

ریز مطالب

بخش اول: آشنایی با حسابان کسری

تابع خاص در حسابان کسری: تابع گاما و توابع خاص وابسته به آن، توابع مبتاگ-لفلر یک پارامتری، دو پارامتری و سه پارامتری، تابع رایت، توابع ابرهندسی، مقدمه‌ای بر روش‌های عددی محاسبه توابع خاص، انتگرال‌ها و مشتق‌های کسری: انتگرال کسری ریمان-لیوویل، مشتق کسری ریمان-لیوویل، تعبیر هندسی و تعبیر فیزیکی از انتگرال‌گیری و مشتق-گیری کسری، مشتق کسری کاپوجو، تبدیل لاپلاس از مشتق‌های کسری، تبدیل فوریه از مشتق‌های کسری، تبدیل میلان از مشتق‌های کسری، مشتق کسری گرونوالد-لتیکوف، مقدمه‌ای بر انتگرال‌ها و مشتق‌های کسری چب و راست، مشتق ریس

معادلات دیفرانسیل کسری: معادلات دیفرانسیل کسری خطی، بررسی وجود و یکتاپی جواب، واپسگی جواب به شرایط اولیه، معادلات دیفرانسیل کسری متعارف، معادلات دیفرانسیل خطی چندگاهی (مرتبه‌ای)، جواب تخلیلی معادلات دیفرانسیل کسری خطی با تبدیل لاپلاس، تابع گرین کسری، جواب معادلات دیفرانسیل کسری بر حسب تابع گرین، مقدمه‌ای بر دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل کسری، مقدمه‌ای بر معادلات دیفرانسیل جزئی کسری و مسائل مقدار اولیه-حرزی مربوط به آنها.

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

بخش دوم: روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال کسری

تقریب عملگرهای انتگرال و مشتق کسری: تقریب عملگرهای انتگرال کسری و مشتق کسری شامل روش‌های گرونوالد-لتیکوف، روش‌های بر مبنای انتگرال‌گیری عددی، و روش‌های چندگاهی خطی.

روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل کسری: روش‌های مستقیم در حل معادلات دیفرانسیل معمولی کسری مانند روش‌های بر مبنای انتگرال-گیری عددی، روش‌های غیرمستقیم در حل معادلات دیفرانسیل معمولی کسری مانند روش‌های از نوع آدامز، روش‌های چندگاهی خطی، بررسی تحلیل خطأ و آنالیز پایداری این روش‌ها، مقدمه‌ای بر روش‌های عددی در حل معادلات دیفرانسیل جزئی کسری مانند روش خطوطه، روش انتگرال‌گیرهای نمایی.

روش‌های عددی حل معادلات انتگرال کسری: نظریه روتگه-کوتا در حل معادلات انتگرال (ولترا و آبل) کسری، روش‌های چندگاهی خطی کسری در حل معادلات انتگرال (ولترا و آبل) کسری.

مراجع پیشنهادی:

1. K. B. Oldham, J. Spanier (1974). **Fractional Calculus: Theory and Applications, Differentiation and Integration to Arbitrary Order**, Academic Press, New York.
2. I. Podlubny (1999). **Fractional Differential Equations**, Academic Press, San Diego, CA.
3. K. Diethelm (2010). **The Analysis of Fractional Equations**, Springer-Verlag, Berlin.
4. D. Baleanu, K. Diethelm, E. Scalas and J.J. Trujillo (2012). **Fractional Calculus: Models and Numerical Methods**, World Scientific, Singapore.
5. R. Gorenflo, A. A. Kilbas, F. Mainardi and S. V. Rogosin (2014). **Mittag-Leffler Functions, Related Topics, Theory and Applications**, Springer-Verlag, Berlin.



حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی						فارسی	عنوان
Numerical Solution of Stochastic Differential Equations						انگلیسی	درس
درس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۳	جبرانی		اختیاری		الزامی
			نظری	عملی	عملی	نظری	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						حل تمرین: ندارد	

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

پیش‌نیازهای علمی لازم: دانشجو بیش از اخذ این درس لازم است با مقدمات احتمال و فرایند تصادفی و حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی آشنا باشد و تسلط کافی به یکی از نرم افزارهای ریاضی مانند Mathematica یا Matlab داشته باشد.

ریز مطالب:

حسابان تصادفی: مقدمه‌ای بر نظریه احتمال و فرایندهای تصادفی، حرکت براونی و فرایند ویتر و توغه سفید، تقریب حرکت براونی، انتگرال تصادفی، انتگرال ایتو، فرمول ایتو، بسط تیلور تصادفی، همگرایی ضعیف و قوی

معادله دیفرانسیل معمولی تصادفی: شبیه سازی مونت کارلو و تقریب‌های مسیری، روش اویلر-ساریاما، روش مایلستین، روش‌های رونکه-کوتا و نظریه درخان ریشه دار دو رنگی، شرایط مرتبه برای روش‌های رونکه-کوتا تصادفی، روش‌های چندگامی تصادفی، روش‌های تیلور ضعیف.

معادله دیفرانسیل جزئی تصادفی: روش تفاضل متناهی، روش اویلر-ساریاما، روش مایلستین، روش خطوط برای مسایل مقدار اولیه-مرزی تصادفی، روش عناصر متناهی.

مراجع پیشنهادی

1. S. Cyganowski, P. Kloeden , J. Ombach (2002). **From Elementary Probability to Stochastic Differential Equations with Maple**, Springer.
2. I. Karatzas, S. E. Shreve (1991). **Brownian Motion and Stochastic Calculus**, Springer.
- 3- P. Kloeden, E. Platen (1995). **Numerical Solution of Stochastic Differential Equations**, Springer.
- 4- P. Kloeden, E. Platen, H. Schurz (2003). **Numerical Solution of SDE Through Computer Experiments**, Springer.
- 5- G. N. Milstein (1995). **Numerical Integration of Stochastic Differential Equations**, Springer.
- 6- A. Rößler (2003). **Runge-Kutta Methods for the Numerical Solution of SDEs**, Ph.D. Thesis.
- 7- A. Jentzen, P. Kloeden (2011). **Taylor Approximation for SPDEs**, SIAM.
- 8- G. Lord, C. Powell, T. Shardlow (2014). **An Introduction to Computational Stochastic PDEs**, Cambridge University Press.



				آنالیز بازه‌ای		فارسی	عنوان
				Interval Analysis		انگلیسی	درس
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
روش‌های عددی در جبر خطی	۳		جبرانی		اخباری	الزامی	
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد		حل تمرین: ندارد					

هدف درس: آشنایی دانشجویان با روش‌های آنالیز بازه‌ای در تحلیل خطای انجام محاسبات تایید شده هدف اصلی این درس است.

ریز مطالب

مقدمات: مروری بر حساب میز شناور و استاندارد IEEE، سبک‌های گرد کردن، خطاهای گرد کردن و متوجه از حصار (enclosure)، مفهوم در حصار کشیدن جواب دقیق یک مسئله، تاریخچه محاسبات تایید شده (verified computations) و آنالیز بازه‌ای

حساب بازه‌ای: بازه‌های حقیقی، حساب بازه‌ای حقیقی، خواص جبری حساب بازه‌ای، خاصیت دربردازندگی حساب بازه‌ای حقیقی میز شناور، بازه‌های مختلط و حساب بازه‌ای مختلط (مستطیلی و دور)، حساب بازه‌ای مختلط میز شناور، نرم افزارهای حساب بازه‌ای (به عنوان نمونه اینتلاب (INTLAB) و شروع عملی برنامه نویسی با آنها

آنالیز بازه‌ای: توسعه بازه‌ای یک تابع، قضیه اساسی آنالیز بازه‌ای، فرم‌های مرکزی با تأکید بر فرم مقدار میانی، مشتق گیری خودکار با الگوریتمی

ابزارهای آنالیز بازه‌ای در جبر خطی: روش حذف گاوس بازه‌ای و مشکل آن، روش کراوجک-رووب برای در حصار کشیدن جواب دقیق دستگاه‌های معادلات خطی، اثر بوشنسی (wrapping effect) در محاسبات ماتریسی تایید شده، ماتریس‌های بازه‌ای، دستگاه‌های معادلات خطی بازه‌ای، انواع مجموعه جواب‌ها با تأکید بر مجموعه جواب محدود شده، توصیف تحلیلی مجموعه جواب‌ها شامل قضیه اتنی-پراگر (Oettli-Prager)، روش هنن-بلیک-روون، معادله قدرمطلقی و حل آن برای محاسبه حصاری بر پوسته مجموعه جواب محدود شده.

ابزارهای آنالیز بازه‌ای در ریشه‌یابی: ریشه‌یابی تک معادلات و دستگاه‌های معادلات غیرخطی، روش نیوتون بازه‌ای، قضیه نقطه ثابت بروور (Brouwer)، معرفی عملکر استاندارد کراوچیک در حالت کلی، روش تکراری کراوچیک-رووب و استفاده از آن در ریشه‌یابی به طور خاص

معادلات دیفرانسیل: روش‌های بازه‌ای برای انتگرال گیری عددی و معادلات دیفرانسیل معمولی

ابزارهای آنالیز بازه‌ای در بهینه‌سازی: در حصار کشیدن جواب دقیق مسئله برنامه ریزی خطی، دستگاه‌های تامعادلات خطی بازه‌ای، مسئله برنامه ریزی خطی بازه‌ای،
مراجع پیشنهادی:

1. A. Neumaier (1990). **Interval Methods for Systems of Equations**. Encyclopedia of Mathematics and its Applications, Cambridge University Press, Cambridge.
2. R. B. Kearfott and V. Kreinovich (1996). **Application of Interval Computations**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
3. S. M. Rump (1999). **INTLAB-Interval Laboratory**. In T. Csendes, editor, **Developments in Reliable Computing**, pages 77-104, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
4. A. Neumaier (2001). **Introduction to Numerical Analysis**, Cambridge University Press, Cambridge.
5. G. I. Hargreaves (2002). **Interval Analysis in Matlab**, Master's Thesis, University of Manchester.
6. J. Rohn (2005). **A Handbook of Results on Interval Linear Problems**, Czech Academy of Science, Prague.
7. S. M. Rump (2010). **Verification Methods- Rigorous Results Using Floating-Point Arithmetic**, Acta Numerica, pages 287-449, Cambridge University Press.
8. W. Tucker (2011). **Validated Numerics- A Short Introduction to Rigorous Computations**, Princeton University Press.



مدلسازی ریاضی							فارسی	عنوان		
							انگلیسی	درس		
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد							
- پیش نیاز	۴۸	۳	جبرانی		اختیاری		الزامی			
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری		
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد										
حل تمرین: ندارد										

هدف درس: مدلسازی ریاضی فرایند توصیف پدیده‌های طبیعی و فیزیکی با استفاده از زبان ریاضی و مفاهیم ریاضی است. برای درک بیشتر پدیده‌های فیزیکی نیاز به طراحی مدل و تحلیل مدل‌های ریاضی است. این درس اهمیت درس ریاضی را در دنیای مدرن امروزی به دانشجویان پاداً و خواهد شد و به بهبود مهارت حل مسئله در دنیای واقعی کمک خواهد نمود. از آنجا که بسیاری از پدیده‌ها شامل تغییرات متغیر زمانی با متغیرهای مکانی هستند، مدل‌های به دست آمده معمولاً از نوع معادلات دیفرانسیل هستند.

پیش‌نیازهای علمی لازم: دانشجو بیش از اخذ این درس لازم است با حسابان چند متغیره و قضایای حسابان برداری، جبر خطی، معادلات معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی آشنا باشد.

ریز مطالب

مدلسازی با معادلات دیفرانسیل معمولی: مکانیک نیوتونی (حرکت پرتابه، معاده جرم‌خنر، حرکت آونگ و غیره)، دینامیک جمعیت (مدل‌های یکنواخت، مالتیس، لجستیک، واکنش‌های شیمیایی)، مدل‌های خودگردان، نقاط تعادلی، دیاگرام فازی، سیستمهای غیرخطی، مدل‌های شکارشکارچی، ولنکاولترا و ایندمی (SIR)، نوسانگر وندربل، خطی سازی، یاداری، سیستم‌های همیلتونی، مدلسازی با روش‌های حساب تغییرات، مسئله کوتاه‌ترین زمان، مسئله صابون، مسئله زنجیر ایخنه و غیره.

مدلسازی با معادلات دیفرانسیل جزئی: دسته بندی معادلات دیفرانسیل جزئی: معادلات سه‌مومی، هذلولوی و بیضوی و تعبیر فیزیکی هر کدام از منظر مدل‌های پخش (معادله گرمای)، انتقال (معادلات موج، معادلات اپهای کم عمق، دینامیک ترافیک ماکروسکوپی و میکروسکوپی) و حالتهای ایستا (معادلات لاپلاس، بواسن و نویر-استوکس ایستا)، مدل‌های پخش-انتقال (شامل معادلات نویر-ستوکس؛ مدلسازی بی بعد سازی و مقیاس سازی، آنالیز بعدی، انواع مدل‌های کاتوتی و سیستماتیک؛ معادلات مکانیک محیط‌های پیوسته: مختصات لاگرانژی و اوبلیک، معادلات فانون بقا (بقای جرم، بقای حرکت و بقای انرژی)، روابط ساختاری (Constitutive relations) شامل هدایت گرما و پخش جرم، رابطه گاز ایدآل، مدل شارش گرمایی فوریه، مدل‌های الاستیتیه و غیره، امواج صوتی و معادلات الکترومغناطیس، معادلات مکسیموم، معادلات ساختاری).

مراجع پیشنهادی

- A. C. Fowler (1997). **Mathematical Models in the Applied Sciences**, Cambridge University Press.
- R. Illner, C. Sean Bohun, Samantha McCollum, Thea van Roode (2005). **Mathematical Modelling: A Case Studies Approach**, American Mathematical Society.
- R. M. M. Mattheij, S. W. Rienstra, J. H. M. ten Thije Boonkkamp (2005). **Partial Differential Equations: Modeling, Analysis, Computation**, SIAM.
- S. Howison (2005). **Practical Applied Mathematics: Modelling, Analysis, Approximation**, Cambridge University Press.



				روش‌های بدون شبکه	فارسی	عنوان
					انگلیسی	درس
Meshless Methods						
درس	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
پیش‌تیاز			جبرانی	اختیاری	الزامی	
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۳	عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری	حل تمرین: ندارد
نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف درس: تقریب در ابعاد بالا به صورت کلاسیک «عمولاً با روش عناصر متناهی که مبتنی بر شبکه‌بندی ناحیه تقریب است، صورت می‌گیرد. در این درس داشتجویان با نوع دیگری از تقریب‌ها، که موسوم به تقریب‌های بدون شبکه هستند، آشنا می‌شوند و نحوه کاربرد آنها در حل معادلات دیفرانسیل و بازسازی روش‌ها را می‌آموزند.

پیش‌نیازهای علمی لازم: داشتجویان بیش از اخذ این درس لازم است با مقدمات تقریب و حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی آشنا باشد و تسلط کافی به یکی از نرم افزارهای ریاضی مانند Matlab و یا یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی مانند Fortran یا C داشته باشد.

ریز مطالب:

مقدمات: فضاهای هار، تقریب چندمتغیره و مستله یکتایی، چندجمله‌ای‌های چندمتغیره، درونیابی چندمتغیره با چندجمله‌ای‌ها روی مستطیل (ضرب تانسوری) و روی مثلث، لزوم استفاده از روش‌های بدون شبکه، انواع تقریب‌های بدون شبکه مانند توابع پایه شعاعی و تقریب کمترین مربعات منحرک و روش‌های دیگر. کاربردهای این روش‌ها در بازسازی روش‌ها، حل معادلات دیفرانسیل، نظریه یادگیری

توابع پایه شعاعی: توابع پایه شعاعی معین مثبت و معین مثبت مشروط، ارتباط اسپلاین‌ها با این توابع، درونیابی با توابع شعاعی، یکتایی درونیاب، توابع پایه شعاعی محمل فشرده، نحوه محاسبه مشتقات توابع شعاعی، حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی (مستله مقدار مرزی یا مقدار اولیه-مرزی) با روش کانزا (روش نامتقارن)، روش بدون شبکه متقارن، روش گلرکین به کمک توابع پایه شعاعی

تقریب کمترین مربعات منحرک (MLS): تقریب توابع و مشتقات آنها به کمک MLS، آنالیز خطأ در حالت‌های خاص، حل معادلات دیفرانسیل جزئی (بیضوی، هذلولوی و سهموی) با روش هم مکانی، روش‌های مبتنی بر فرم ضعیف مانند روش گلرکین آزاد از شبکه EFG، روش‌های مبتنی بر فرم ضعیف موضعی مانند MLPG، روش‌های اعمال شرایط مرزی اسالی مستله (روش‌های مستقیم-جزیسه - مضارب لاگرانژ و...، مزوری بر برخی دیگر روش‌های بدون شبکه مانند RKPM و PUM).

مراجع پیشنهادی: G. E. Fasshauer (2007). *Meshfree Approximation Methods with Matlab*, World Scientific.

- 1- G. E. Liu, Y. T. Gu (2005). *An Introduction to Meshfree Methods and Their Programming*, Springer.
- 2- Sh. Li, W. K. Liu (2007). *Meshfree Particle Methods*, Springer.
- 3- M. D. Buhmann (2004). *Radial Basis Functions*, Cambridge University Press.
- 4- W. Chen, Z. Fu, C. S. Chen (2014). *Recent Advances in Radial Basis Function Collocation Methods*, Springer..
- 5- H. Li, S. S. Mulay (2013). *Meshless Methods and Their Numerical Properties*, CRC press.
- 6- H. Wendland (2005). *Scattered Data Approximation*, Cambridge University Press.
- 7- B. Fornberg, N. Flyer (2015). *Solving PDEs with Radial Basis Functions*, In Acta Numerica, pages 215–258. Cambridge University Press.



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

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه آنالیز عددی که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می‌گردد.
ویژه مواد درسی مربوطه قبلاً از ارائه بایستی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه داشکده برست.



ریاضی کاربردی - گرایش بهینه‌سازی



فصل اول

مشخصات دوره کارشناسی ارشد گرایش بهینه‌سازی



مقدمه

ریاضی کاربردی یکی از رشته‌ها در مجموعه علوم ریاضی است که به پیشبرد روش‌های ریاضی برای استفاده در زمینه‌های گوناگون علوم و مهندسی می‌پردازد. بهینه‌سازی یکی از مهم‌ترین گرایش‌های ریاضی کاربردی است که به کمینه‌سازی یا بیشینه‌سازی یک یا چندتابع هدف (مانند سود، هزینه، رسک، و غیره) روی مجموعه‌ای شدنی از فعالیت‌ها می‌پردازد. این گرایش از ریاضیات کاربردی شامل جنبه‌های مختلف نظری، الگوریتم و محاسبات، استفاده از ابزارهای تحلیلی و جبر خطی عددی در پیشبرد بنیادی موضوع و کاربرد در زمینه‌های علمی، اقتصادی و صنعتی است.

تعریف

دوره کارشناسی ارشدریاضی کاربردی - گرایش بهینه سازی یکی از دوره های آموزشی پژوهشی در سطح تحصیلات تکمیلی از نظام آموزش عالی است که پس از دوره کارشناسی آغاز و به اعطای مدرک رسمی دانشگاهی در دوره کارشناسی ارشد با عنوان "ریاضی کاربردی - بهینه سازی" می انجامد و از نظر اجرایی، تابع ضوابط، مقررات و آین نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است.

اهداف

تربیت پژوهش گرمتخصص در بهینه سازی (نظری، محاسباتی و کاربردی)
تامین نیازهای تخصصی شرکت‌های اقتصادی، صنعتی، بیمه‌ای و مالی (نظیر بانک‌ها و بورس)
توسعه بهینه سازی به عنوان یکی از گسترده‌ترین و بهروزترین شاخه‌های ریاضیات
توسعه علوم بین رشته‌ای مرتبط مانند تحقیق در عملیات، کنترل و غیره.

نقش و توانایی

قارن تحصیلان دوره کارشناسی ارشدریاضی کاربردی - بهینه سازی می‌توانند:
به عنوان متخصص حرفه‌ای در موسسات علمی و شرکت‌های مالی، صنعتی و اقتصادی فعالیت کنند،
به عنوان پژوهش گردر شرکت‌های اقتصادی، بانک‌ها و بورس فعالیت داشته باشند و
در مقطع دکتری این رشته و زمینه‌های مرتبط ادامه تحصیل دهند.

ضرورت و اهمیت

با توجه به نیاز جامعه در حال توسعه ایران به استفاده از دانش و فناوری‌های نوین در پاسخ‌گویی به نیازهای بخش‌های علمی و صنعتی، تاسیس دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش بهینه سازی یک ضرورت است. این دوره، این امکان را فراهم می‌کند تا نیازهای علمی و صنعتی، اقتصاد، بانکداری، بورس ایران و... بر طرف شوند. همچنین، با تربیت پژوهش گرانی (که قادر به انجام پژوهش‌های بنیادی در سطح مرزهای دانش هستند)، سطح کیفی و کمی ریاضی کاربردی - گرایش بهینه سازی در کشور ارتقا می‌یابد.
کلیات برنامه

عنوان دوره : کارشناسی ارشدریاضی کاربردی - گرایش بهینه سازی

پیش‌نیاز ورود : گذراندن درس بهینه سازی خطی مطابق با سرفصل دوره کارشناسی ریاضی. در صورت نگذراندن این درس، دانشجو باید آن را به صورت پیش نیاز بگذراند.



فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش بهینه‌سازی



جدول شماره ۱: درس‌های اصلی گرایش بهینه‌سازی

تعداد واحد	نام درس	شماره ردیف
۳	بهینه‌سازی خطی پیشرفته ۱	۱
۳	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته ۲	۲

جدول شماره ۲: درس‌های تخصصی - اختیاری

شماره درس	نام درس	تعداد واحد	پیش نیاز یا هم نیاز (ها)
۱	برنامه‌ریزی پویا	۳	
۲	برنامه‌ریزی صحیح	۳	
۳	بهینه‌سازی ترکیبیاتی	۳	
۴	بهینه‌سازی تصادفی	۳	
۵	بهینه‌سازی خطی پیشرفته ۲	۳	
۶	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته ۲	۳	
۷	بهینه‌سازی خطی نیمه‌نامتناهی	۳	
۸	بهینه‌سازی چنددهدفه	۳	
۹	بهینه‌سازی شبکه‌ای	۳	
۱۰	بهینه‌سازی ناهموار	۳	
۱۱	بهینه‌سازی و شبکه‌های عصبی	۳	
۱۲	بهینه‌سازی محدب	۳	
۱۳	حساب تغییرات و کنترل بهینه	۳	
۱۴	روش‌های نقطه درونی	۳	
۱۵	شبیه‌سازی پیشرفته	۳	
۱۶	کنترل بهینه تصادفی	۳	
۱۷	کنترل خطی و غیرخطی	۳	
۱۸	مدل‌سازی ریاضی	۳	
۱۹	نظریه بازی و کاربردها	۳	
۲۰	نظریه مکان‌یابی	۳	
۲۱	مباحث ویژه در بهینه‌سازی	۳	



فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش بهینه‌سازی



بهینه‌سازی خطی پیشرفته ^۱							فارسی	عنوان درس انگلیسی	
Advanced Linear Optimization 1							انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد						
بهینه‌سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری نظری عملی	شخصی نظری عملی	اصلی نظری عملی	پایه نظری عملی	حل تمرین: ندارد نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		

هدف:

سرفصل درس:

چندوجهی ها در R^n . نقاط رأسی، جهت های رأسی، جهت دورشونده، شرایط لازم و کافی برای بی کران بودن، قضیه تماش، مروری بر الگوریتم سیمپلکس اولیه از دیدگاه های جبری و هندسی، سیمپلکس تجدید نظر شده، تباہیدگی و اثرات آن، مطالعه تحلیلی روش های M-بزرگ و دوفازی، بدبده دور، قاعده لکریکوگرافی و قاعده بلاند برای جلوگیری از دور، الگوریتم سیمپلکس با متغیر های کران دار، شرایط کروش-کیون-تاکر، KKT، قضایای چاره ای (دگرین) شامل لم فارکاش و قضیه کوردان، دوگانی (دوگان ضعیف، قوی و شرایط مکمل زائد (مکمل لنگی)), الگوریتم های سیمپلکس دوگان و اولیه-دوگان، تحلیل حساسیت.

مراجع پیشنهادی:

۱- برنامه ریزی خطی و غیرخطی، لونتبرگر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمد حسین پورکاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱.

2. M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, Linear programming and network flows, John Wiley and Sons, 4th edition, 2010.
3. K.G. Murty, Linear Programming, Wiley, 1983.
4. D. Bertsimas, J.N. Tsitsiklis, Introduction to Linear Optimization, Belmont, Massachusetts, March, 2008.
5. D. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, Springer, 4th edition, 2016.



پیشنهادی							فارسی	عنوان درس
Advanced Nonlinear Optimization1							انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
جبر خطی عددی یا مبانی آنالیز عددی یا محاسبات ماتریسی	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی	حل تمرین: ندارد
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد								

سرفصل درس :

مدل‌سازی غیرخطی، مروری بر مجموعه‌های محدب و خواص آنها، تابع محدب، تعیین آنها، خواص و کاربردهای آنها در بهینه‌سازی، مباحث تکمیلی از بهینه‌سازی غیرخطی دوره کارشناسی، توصیف قیدی (Constraint qualification)، شرایط فریتز-جان (FJ)، شرایط لازم و کافی مرتبه اول و دوم (شرایط کروش-کیون-تاکر، KKT)، انواع توصیف‌های قیدی (Constraint qualifications) و ارتباط‌های میان آنها، دوگانی مسائل غیرخطی، روش‌های بهینه‌سازی نامحدود شامل‌مسیرهای مزدوج، تندترین کاهش، نیوتون و شبیه نیوتون، روش‌های سکانت، الگوریتم‌های جستجوی خطی (شامل جستجوی خطی دقیق و نادقيق) و روش‌های ناحیه اعتماد (Trust region)، همگرایی سراسری و همگرایی مجذبی (آهنگ یا نرخ همگرایی مجذبی)، مقایسه نظری و عملی روش‌ها، حل مسائل درجه دوم و الگوریتم مجموع مؤثر.

مراجع پیشنهادی:

۱- برنامه ریزی خطی و غیرخطی، لونتبرگر، ترجمه نظام الدین مهندی امیری و محمد حسین پورکاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱.

2.J. Nocedal, and S.J. Wright, Numerical Optimization, Springer-Verlag, 2nd edition, 2006.

3.R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Prentice Hall, 1991.

4. M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty, Nonlinear programming: theory and algorithms. Wiley, New York, 2006.

5. D. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, Springer, 4th edition, 2016.



برنامه‌ریزی پویا							فارسی	عنوان درس انگلیسی
Dynamic Programming								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
بهینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی	نظری عملی
		نیاز به اجرای پروژه عملی؛ ندارد		حل تمرین؛ ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی؛ ندارد		

هدف:

سرفصل درس:

فرموله کردن مسائل با استفاده از برنامه ریزی پویا، معادله برگشت و روش برخورد کلی با مسائل، مسائل قطعی و احتمالی برنامه ریزی پویا، روش‌های محاسباتی، روش‌های کاهش متغیرهای جالتهای برداری، بیستمهاهای غیرسری، مسائل با بینهایت مرحله، کاربرد برنامه ریزی پویا در مسائل عملی.

مراجع پیشنهادی:

- 1- H.A. Tahah, Operations Research: An introduction, 8th edition, 2008.
- 2- R.E. Bellman, Dynamic Programming, Dover Publications, 2003.
- 3- D.P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Volume I, Athena Scietific, 2005.



برنامه‌ریزی صحیح							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Integer programming								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
بپینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد	

هدف:

سرفصل درس:

مدل‌سازی با متغیرهای صحیح، آمیخته و دودویی، فاصله جواب‌های یک مساله برنامه‌ریزی خطی صحیح و مساله برنامه‌ریزی خطی آزاد شده، چند وجهی‌ها، محروم‌شدن شخصه، چند وجهی‌های صحیح، محروم‌طهای چند وجهی و پایه هبلبرت، سیستم TDI، سیستم دوگان صحیح جعبه‌ای، ماتریس تک مدولی کامل: تست، مشخص‌سازی، و مثال به خصوص ماتریس شبکه‌ای، قضیه تجزیه سیمور، تست شبکه‌ای بودن یک ماتریس، ماتریس متعادل، وجه‌ها و فست‌ها، تا معادلات معتبر و تعیین کننده‌های قست، نامعادلات حذف زیر دور برای TSP، قضیه کارآنشوری، قضیه دوگان، کاربردهایی از عملگر تصویر و ارتقا (BCC)Balas-Ceria-Cournuéjols شاخه، و صفحات پرش، شاخه و برش، روش آزادسازی، تجزیه بندرز، مسائل بپینه‌سازی و جداسازی و ارتباط بین آن‌ها.

مراجع پیشنهادی

1. D. Bertsimas, R .Weismantel, *Optimization over Integers*, Dynamic Ideas 2005.
2. L. A. Wolsey, G. L. Nemhauser, *Integer and Combinatorial Optimization*, Wiley-Interscience 1999.
3. A. Schrijver, *Theory of Integer and Linear Programming*, Wiley-Interscience, 1998.
4. A. Schrijver, *Combinatorial Optimization, Polyhedral and Efficiency*, Springer 2003
5. E. Balas, S. Ceria, G. Cornuéjols, *A lift-and-project cutting plane algorithm for mixed 0-1 programs*, Mathematical Programming, 58 (1993) 295-324.



بهینه‌سازی ترکیبیاتی							فارسی	عنوان درس	
							انگلیسی		
Combinatorial Optimization									
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد						
بهینه‌سازی خطی و مبانی ترکیبیات	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی	حل تمرین: ندارد	هدف:
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد									

سرفصل درس :

مفاهیم مساله، الگوریتم و پیچیدگی محاسباتی: تعریف رده‌های P, NP-C, NP, NP-Hard و معرفی مدل سازی ترکیبیاتی و معرفی برخی نمونه‌های کاربردی از مسائل بهینه‌سازی ترکیبیاتی (مساله کوله‌پشتی، مساله فروشنده دوره‌گرد، مسایل مکان‌یابی، مساله تخصیص درجه دو، مساله پوشش مجموعه و ...) و اثبات NP-Hard بودن برخی از آن‌ها

الگوریتم‌های حل تقریبی: الگوریتم‌های حریصانه: معرفی و ارایه مثال (مانند مساله P-مرکز)، جستجوی محلی (موضوعی): تعریف‌های لازم و بررسی موردنی در مسائل بهینه‌سازی ترکیبیاتی (مانند مساله افزایش‌بندی گراف و ...)، الگوریتم‌های E - تقریب: معرفی، الگوریتم‌های E-تقریب برای مسائل بهینه‌سازی ترکیبیاتی از جمله مساله فروشنده دوره‌گرد متربک، مساله پوشش مجموعه، مساله کوله‌پشتی، مساله پوشش راس، مساله P-مرکز، مساله مکان‌یابی بدون ظرفی و ...، معرفی چند الگوریتم فرا ایتکاری، به عنوان مثال الگوریتم زنیک (GA)، الگوریتم جستجوی متغیر (VNS)، الگوریتم جستجوی منتو (TS)

الگوریتم‌های دقیق: الگوریتم‌های شاخه و کران، الگوریتم‌های برنامه‌سازی پوشا

مراجع پیشنهادی:

- [1] C. H. Papadimitriou and K. Steiglitz, Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Dover Publications, INC, 1982.
- [2] F. Glover and G. A. Kochenberger, Handbook of Metaheuristics, Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [3] A. Schrijver, A Course in Combinatorial Optimization, lecturer note, Department of Mathematics, Amsterdam, Netherlands, 2008.
- [4] B. Korte and J. Vygen, Combinatorial Optimization Theory and Algorithms, Springer, Fourth Edition, 2008.
- [5] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest and C. Stein, Introduction to Algorithms, MIT Press, Third Edition, 2009.
- [6] D. P. Williamson and D. B. Shmoys, The Design of Approximation Algorithms, Cambridge, 2011.



بهینه‌سازی تصادفی							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Stochastic Optimization	دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد
بهینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳		نظری	عملی	نظری	عملی	پایه نظری عملی اصلی نظری عملی احتیاری عملی تخصصی
				نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد

هدف:

سرفصل درس:

معرفی مدل‌هایی از برنامه‌ریزی تصادفی، برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای (مسایل پایه‌ای و شرایط بهینگی)، روش تجزیه برای مسایل دو مرحله‌ای، مسایل چند مرحله‌ای و روش تجزیه برای آنها، مدل‌های بهینه‌سازی با محدودیت‌های احتمالی

مطلوبی از استنباط آماری شامل: خصوصیات آماری برآوردگر تقریبی میانگین، معادلات تعمیم یافته احتمالی، روش‌های نمونه‌گیری مونت کارلو، روش‌های کاهش واریانس و مسایل محدودشده احتمالی.

الگوریتم‌های تصادفی، کاربردهای بهینه‌سازی تصادفی در ریاضیات مالی، بهینه‌سازی ریسک

مراجع پیشنهادی:

1. Birge, J. R. and Louveaux, F. *Introduction to stochastic programming*. New York: Springer, (2011).
2. A. Shapiro and D. Dentcheva, A. Ruszczyński: *Lecture Notes on Stochastic Programming Modeling and Theory*, SIAM and MPS, 2009.
3. P. Kall and J. Mayer, *Stochastic Linear Programming Models, Theory and Computation*.



بهینه‌سازی خطی پیشرفته ۲						فارسی	نوان درس
						انگلیسی	
Advanced Linear Optimization 2						نوع واحد	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					
بهینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳	نظری	عملی	نظری	عملی	پایه
			نظری	عملی	نظری	عملی	اصلی
			نظری	عملی	نظری	عملی	نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد

هدف:

سرفصل درس:

برنامه‌ریزی خطی صحیح (الگوریتم‌های شاخه و کران، و صفحه برشی)،

افراز بندرز و روش‌های لاغرانزی، ساختار قطعی بلوکی،

پیچیدگی الگوریتم سیمپلکس، الگوریتم‌های با پیچیدگی چندجمله‌ای شامل الگوریتم حاجیان، الگوریتم کارمارکار و روش‌های نقطه درونی،

مسایل برنامه‌ریزی خطی کسری (مدل‌ها، مقاهیم و روش‌های حل).

مراجع پیشنهادی:

- 1- برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی، لونبرگر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمد حسین پور‌کاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱.
2. M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, *Linear programming and network flows*, John Wiley and Sons, 4th edition, 2010.
3. K.G. Murty, *Linear Programming*, Wiley, 1983.
4. D. Bertsimas, J.N. Tsitsiklis, *Introduction to Linear Optimization*, Belmont, Massachusetts, March, 2008.
5. D. Luenberger, Y. Ye, *Linear and Nonlinear Programming*, Springer, 4th edition, 2016.



بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته ۲				فارسی	عنوان درس		
Advanced Nonlinear Optimization 2				انگلیسی			
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
بهینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳		اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
				نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد			

هدف:

سرفصل درس:

مدل‌های بهینه‌سازی غیرخطی مقید، شرایط لازم و شرایط کافی برای جواب مسائل مقید، روش‌های حل مسائل غیرخطی مقید شامل برنامه‌ریزی درجه دوم مستناب، مجموعه موثر، تصویرگرایی، روش‌ها بر اساس توابع جریمه‌ای شامل تابع جریمه‌ای دقیق و لاکرانژ فروزده، برنامه‌ریزی هندسی، برنامه‌ریزی کسری، و روش‌های نقطه درونی غیرخطی

مراجع پیشنهادی:

۱- برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی، لونبرگر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمد حسین پورکاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱

1. J. Nocedal, and S.J. Wright, Numerical Optimization, Springer-Verlag, 2nd edition, 2006.
2. R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Prentice Hall, 1991.
3. M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty, Nonlinear programming: theory and algorithms. Wiley, New York, 2006.
4. D. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, Springer, 4th edition, 2016.



بهینه‌سازی خطی نیمه‌نامتناهی						فارسی	عنوان درس	
Semi Infinite Linear optimization						انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد	
-	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نظری	عملی
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد								

هدف:

سرفصل درس :

- مدلسازی و اهمیت مسائل بهینه سازی خطی نیمه نامتناهی
- قضایای دگرین نیمه نامتناهی
- سازگاری
- هندسه برنامه ریزی نیمه نامتناهی
- پایداری
- بهینگی و دوگانی
- الگوریتم های حل مسائل برنامه ریزی نیمه نامتناهی
- ارتباط مسائل نیمه نامتناهی با سایر مسائل بهینه سازی

مراجع پیشنهادی:

- M. A. Goberna and M. A. Lopez, Linear Semi-infinite Optimization, Wiley , 1998.
- M.A. Goberna, M.A. Lopéz, Semi-infinite programming. Recent advances, Springer, 2001.
- R. Hettich, K.O. Kortanek, Semi-infinite programming, SIAM Review, 1993.



بهینه‌سازی چندهدفه							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Multiple – Objective Optimization								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
بهینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۲	اختیاری عملی	تخصصی عملی	اصلی نظری	اصلی عملی	پایه نظری	حل تمرین: ندارد نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد

هدف:

سرفصل درس:

- اهمیت و کاربردهای بهینه سازی چندهدفه.
- نقاط کارا، کارای ضعیف و کارای سره: تعریف مفاهیم، وجود جواب و جگونگی بدست آوردن آن.
- اسکالارسازی شامل روش های مجموع وزنار، اپسیلون محدودیت، قید الاستیک، روش نقطه مرجع، روش محک سراسری و روش بنsson برای بدست آوردن جوابهای کارا، کارای ضعیف و کارای سره.
- جواب های توافقی و تابع Achievement
- مطالعه ترتیب های غیرطبیعی، شامل لکزیکو و Max-Ordering
- بهینه سازی چندهدفه خطی و الگوریتم سیمپلکس برای حل آن.
- مقدمه ای بر بهینه سازی چندهدفه ترکیبیاتی.
- برنامه‌ریزی آرمانی

مراجع پیشنهادی:

- 1- M. Ehrgott, *Multicriteria Optimization*, Springer, Berlin (2005).
- 2- G. Eichfelder, *Adaptive Scalarization Methods in Multiobjective Optimization*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, (2008).
- 3- D.T. Luc, *Multiobjective Linear Programming*, Springer, (2016).
- 4- D.T. Luc, *Theory of Vector Optimization*, Springer, (1989).



بینه‌سازی شبکه‌ای							فارسی	عنوان درس انگلیسی
Network Optimization							انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
بینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی	حل تمرین: ندارد نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد

هدف:

سرفصل درس:

۱. مساله جریان در شبکه با کمترین هزینه شامل: مقدمات و تعریف اولیه، معرفی ماتریس‌های تماماً نک پیمانه‌ای بررسی خواص و قضایا، روش سیمپلکس برای حل مساله شبکه، پیاده سازی روش سیمپلکس شبکه، مساله شبکه تعمیم یافته، شبکه‌های تباہیده و روش‌های ضد دوری

۲. مساله حمل و نقل، تخصیص و تناظر شامل: تعاریف، مقدمات و کاربردهادر گراف‌های دو بخشی، جدول سیمپلکس برای حل مساله حمل و نقل، مساله تخصیص و الگوریتم مجارستانی، ارتباط مساله تخصیص و کوتاهترین مسیرها، مساله تناظر و مسیرهای افزاینده

۳. الگوریتم out-of-kilter شامل: مقدمات و تعریف مساله، روش حل اولیه و دوگان، معرفی الگوریتم kilter و بررسی درستی آن، الگوریتم رهاسازی برای حل مساله

۴. جریان بیشینه و مساله کوتاهترین مسیر شامل: مقدمات و تعریف مساله جریان بیشینه، روش‌های برچسب گذاری و مسیرهای افزاینده، مینیمم برش برای حل مساله جریان بیشینه، مقدمات و تعریف مساله کوتاهترین مسیر، پیدا کردن کوتاهترین مسیر در شبکه با طول بالهای تامنی، پیدا کردن کوتاهترین مسیر در شبکه‌های کلی

۵. مساله جریان چندکالانی شامل: مقدمات، تعریف مساله و کاربردها، شرایط بهینگی و رهاسازی، استفاده از الگوریتم‌های تجزیه اولیه و دوگان برای حل مساله

۶. روش‌های رهاسازی لاگرانژین برای حل مسائل شبکه شامل: مقدمات و تعاریف اولیه، رهاسازی مسائل شبکه و روش شاخه و کران، کاربرد روش‌های رهاسازی در مسائل شبکه کراندار

مراجع:

- Linear Programming and Network Flows 4th edition, by Mokhtar S. Bazaraa, John J. Jarvis and Hanif D. Sherali, 2010, John Wiley & Sons.
- Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications 1st Edition, by Ravindra K. Ahuja, Thomas L. Magnanti and James B. Orlin, 1993, Prentice Hall.



بهینه‌سازی ناهموار							فارسی انگلیسی	عنوان درس
Nonsmooth optimization								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه		
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد	حل تمرین: ندارد
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد			

هدف:

سرفصل درس:

- مقدمه ای بر آنالیز محدب، زیرگرادیانهای توابع محدب، مشتقات جهتی و وجود آنها، مخروطهای تائزانت و نرمال
- مشتقات کلارک: تعریف و بررسی خواص و کاربردها، مطالعه روابط بین مشتقات مختلف (گتو، فرشه، کلارک، پروکسیمال ها و حدی)، قضیه مقدار میانگین، قاعده زنجیره ای، توابع منظم و کاربرد آن ها در بهینه سازی ناهموار، زیرمشتقات تقریبی، زیرمشتق گلندشتاین، راکوبی تعمیم یافته.
- مخروط تائزانت و نرمال ها در حالت نامحدب، مخروط بولیگاند و مجموعه های منظم
- بهینه سازی ناهموار: شرایط بهینگی، خطی سازی (نامقید و مقید)
- روشهای عددی: روشهای ناهموار Bundle و روشهای ناحیه اعتماد

1. A. Bagirov, N. Karmitza, M. Makela, *Introduction to nonsmooth optimization*, Springer, (2014).
2. F.H. Clarke, Y.S. Ledyaev, R.J. Stern, and P.R. Wolenski, *Nonsmooth analysis and control theory*, Springer Verlag, New York, (1998).
3. B.S. Mordukhovich, *Variational analysis and generalized differentiation, I, II*, Springer, Vol. 330, (2006).



بهینه‌سازی و شبکه‌های عصبی						فارسی	عنوان درس
						انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
-	۲۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							

هدف:

سرفصل درس :

- ۱- مقدمه: مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی پرسپترون، شبکه عصبی RBF، شبکه عصبی هابفیلد و تانک، شبکه عصبی کندی و چانو، شبکه عصبی زیا و وانگ و شبکه عصبی بازگشتی دیگر.
- ۲- پایداری: بررسی پایداری سیستم‌های دینامیکی، پایداری مجذبی سراسری، پایداری نمایی سراسری، پایداری به مفهوم لیابانف، بررسی پایداری سیستم‌های دینامیکی بر اساس عملگر تصویر و سیستم دینامیکی فریز و غیره.
- ۳- معرفی مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی محدب و برنامه‌ریزی درجه دوم و قضایای مربوط به آن‌ها، شرایط کان-تاکر برای مسائل برنامه‌ریزی محدب، دوگان مسائل برنامه‌ریزی محدب و قضایای مربوط به آن‌ها.
- ۴- معرفی عملگر تصویر، نامساوی وردشی، اصل تغییر ناپذیری لسال، معادل بودن مسائل برنامه‌ریزی محدب با نامساوی وردشی، معادل بودن نامساوی وردشی با معادله تصویر.
- ۵- مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای حل معادلات تصویر و کاربردهای آن برای حل مسائل بهینه‌سازی (برنامه‌ریزی محدب، درجه دوم و برنامه‌ریزی خطی)، مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بر اساس شرایط کان-تاکر برای حل مسائل بهینه‌سازی (برنامه‌ریزی محدب، درجه دوم و برنامه‌ریزی خطی)، مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بر اساس مسئله مکمل غیرخطی (NCP)، بررسی پایداری مجذبی سراسری و نمایی سیستم‌های دینامیکی متناظر آن‌ها.

مراجع پیشنهادی:

- 1- Mokhtar S. Bazaraa, Hanif D. Sherali, C. M. Shetty, **Nonlinear Programming: Theory and Algorithms**, 3rd Edition, Wiley and Sons, New York, 2006.
- 2- Bhata, Nam Parshad, **Dynamic system: Stability theory and applications**, Springer-Verlag, 1967.
- 3- S. Michael, **Global stability of dynamical systems**, Springer-Verlag, 1987,
- 4- M./ Pankaj and W. Benjamin, **Artificial neural networks: concepts and theory**, IEEE computer Society Press, 1992.
- 5- V. Vemuri, **Artificial neural network s: theoretical concepts**, IEEE computer Society Press, 1990.
- 6- A. K. Suykens John, **Artificial neural network for modeling and control of nonlinear systems**, Kluwer Academic Publishers, 1996.



				فارسی	انگلیسی	عنوان درس			
Convex Optimization				بهینه‌سازی محدب					
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد					
بهینه سازی خطی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه			
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی		
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد					
هدف:									

سرفصل‌های درس:

- مقدمه‌ای بر آنالیز محدب
- مسائل بهینه‌سازی محدب (بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی درجه دو، برنامه‌ریزی هندسی، بهینه‌سازی برداری)
- دوگانی (تابع دوگانلایر، مساله دوگانلایر، تعبیر هندسی، تعبیر نقطه زمینی، شرایط بهینگی، اختلال و تحلیل حساسیت، قضایای چاره‌ای)
- تقریب و برازش (تقریب نرم، مسائل کمترین نرم، تقریب منظم، تقریب استوار، برازش تابع و درون‌یابی)
- مسائل هندسی (تصویر روی یک مجموعه، فاصله مجموعه‌ها، فاصله اقلیدسی و مسائل زاویه، بیضی‌گون‌های با حجم بیشینه یا کمینه، مرکزیابی، دسته‌بندی، جایابی)
- بهینه‌سازی نامقید محدب و روش‌های حل
- بهینه‌سازی مقید محدب و روش‌های حل
- روش‌های نقطه درونی برای مسایل محدب

مراجع پیشنهادی::

- [1] S. Boyd, L. Vanderberghe, *Convex Optimization*, Cambridge University Press, 2004
- [2] R.T. Rockafellar, *Convex Analysis*, Princeton University Press, 1997.



حساب تغییرات و کنترل بهینه				فارسی	عنوان درس	
Varitional Calculus and Optimal Control				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد		
	۴۸	۳		اختیاری نظری عملی	تخصصی نظری عملی	اصلی نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی ندارد						هدف:

سرفصل درس:

۱- معرفی شکل کلی مسائل حساب تغییرات

۲- اکسترممهای تابعی و قضیه اساسی حساب تغییرات

۳- تغییر دوم و شرایط لازم لزاندر و زاکوبی برای ساده‌ترین مساله تغییراتی

۴- مسائل تغییراتی با نقطه انتهایی آزاد و نقطهنهایی ثابت

۵- مسائل تغییراتی باتابع مجھول دو یا چند متغیره

۶- معرفی اشکال کلی مسئله کنترل بهینه

۷- شرایط لازم بهینگی و اصل پونتریاگین

۸- مسائل کنترل بهینه بینگ-بینگ

مراجع پیشنهادی:

- 1- Bruce Van Brunt, Calculus of Variations, Springer, 2004
- 2- R. Weinstock, Calculus of variations with applications to physics & engineering, Dover Publications, 1974.
- 3- B. Dacorogna, Introduction to the calculus of variations, Imperial College Press, 2004.
- 4- Lecture Notes: I. B. Russak, Calculus of variations, 2002.
- 5- Lecture Notes: Andrej Cherkaev and Elena Cherkaev Calculus of Variations and Applications, 2003.
- 6- Jr. Arthur E. Bryson and Yu-Chi Ho Applied Optimal Control: optimization, estimation, and control, Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1975.
- 7- Kirk D. Optimal Control Theory. An Introduction, Dover, 2004



روش‌های نقطه‌درونوی				فارسی	عنوان درس انگلیسی
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد			
	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	پایه
			نظری عملی	نظری عملی	اصلی
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		
			حل تمرین: ندارد		

هدف:

سرفصل درس :

- مروری بر بهینه سازی خطی و دوگانگی
- معرفی مساله خود-دوگان و ارائه یک روش نقطه درونی با پیجیدگی چندجمله‌ای برای حل آن
- معرفی روش‌های نقطه درونی،تابع مانع لگاریتمی،مسیر مرکز و روش نیوتن
- روش‌های نقطه درونی برای مسائل بهینه‌سازی خطی به شکل کاتونی و استاندارد
- روش‌های نقطه درونی برای مسائل بهینه‌سازی خطی به کمک تابع مانع لگاریتمی و اثبات پیجیدگی چندجمله‌ای این دسته از روش‌ها
- روش‌های نقطه درونی اولیه-دوگان برای مسائل بهینه‌سازی خطی که شامل روش‌های نقطه درونی با گام‌های کامل نیوتن، گام‌های کوتاه نیوتن، گام‌های ناقص نیوتن و روش‌های نقطه درونی تطبیقی و پیشگو-اصلاح‌گر و اثبات پیجیدگی چند جمله‌ای برای تمامی این روش‌ها.
- معرفی کوتاهی از مسائل بهینه‌سازی خطی درجه دو، مسائل مکمل خطی و بهینه‌سازی نیمه‌معین مثبت و توسعه روش‌های نقطه درونی برای این دسته از مسائل بهینه‌سازی

مرجع پیشنهادی:

1. Roos, Cornelis, Tamás Terlaky, and Jean-Philippe Vial. *Interior point methods for linear optimization*. Springer Verlag, Second Edition, 2006.



عنوان درس	فارسی انگلیسی	شبیه‌سازی پیشرفته					
		تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
-	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نحوه واحد
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد	هدف:

سرفصل درس :

مژوری بر ادبیات شبیه سازی و مفاهیم پیش نیاز، مدل سازی عملیات پایه‌ای (توسعه مدل یک رویکرد، ساخت مدل، اجرای مدل، مشاهده و بررسی نتایج)، شبیه سازی و آنالیز (صف، تصویر و طرح)، آنالیز داده‌ها (تعیین پارامترهای مدل، داده‌های تصادفی، جمع اوری داده‌ها، کاربرد داده‌ها، فرایند های ورود غیر ثابت، داده‌های ورودی وابسته و چند متغیره)، مدل سازی دقیق و تجزیه و تحلیل اماری ورودی و خروجی (ساخت زیر مدل، افزایش زمان دوره مدل، خطایابی مدل، اجرای شرایط، پایین و بالا بردن سرعت اجرا، بررسی کارایی اندازه‌ها و مترها، انالیز تصادفی خروجی‌ها، بررسی قالب زمانی شبیه سازی، تعیین استراتژی برای جمع اوری و آنالیز داده‌ها، مقایسه و ارزیابی دو و یا چند جایگزین، جستجو برای جایگزین بهینه)، مدل سازی و آنالیز تصادفی حالت پایدار، مدل های پیوسته، گستره و ترکیبی (پیوسته/گستره)، شبیه سازی انتقال جریان (فرمول بندی مساله، متداولوزی جواب، سیستم و مشخصات شبیه سازی، ساختمن و فرمول بندی مدل، تایید و اعتبار، اجرا و آنالیز، ارایه نتایج ، انتشار مدل)، پیاده سازی (زبانهای برنامه نویسی ویژه شبیه سازی، استفاده از نرم افزارهای کاربردی).

مراجع پیشنهادی:

1. L. G. Birta, G. Arbez, in: **Modeling and Simulation: Exploring Dynamic System Behavior**, Springer, 2007.
2. S. Robinson, **Simulation: The Practice of Model Development and Use**, John Wiley & Sons, Chichester, 2004.
3. W. David Kelton, Randall P. Sadowski, Deborah A. Sadowski, **Simulation with Arena**, McGraw Hill.
4. J. Banks, J. S. Carson and L. Nelson, **Discrete-Event System Simulation**, Prentice Hall, 1996.
5. P. Bratley, B. L. Fox and L. E. Schrage, **A Guide to Simulation**, Springer-Verlag, 1987.
6. P. A. Fishwick, **Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds**, Prentice-Hall, 1995.
7. J. P. C. Kleijnen, **Statistical Tools for Simulation Practitioners**, Marcel Dekker, New York, 1987.
8. A. M. Law and W. D. Kelton, **Simulation Modeling and Analysis**, McGraw-Hill, 1991.
9. I. R. Wilminck and L. H. Immers, **Deriving Incident Management Measures Using Incident Probability Models and Simulation**, TNO Research Report 95/NV/172, The Netherlands, 1995.
10. J. Abou-Kassem, **Engineering Approach vs the Mathematical Approach in Developing Reservoir Simulation**, J. Nature Science and Sustainable Technology, Vol. 1, No. 1. pp 35-68, 2007.



		کنترل بهینه تصادفی		فارسی	عنوان درس		
				انگلیسی			
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
	۴۸	۳		اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
				نظری	عملی	نظری	عملی
				نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			

هدف:

سرفصل درس :

مراجع پیشنهادی:



کنترل خطی و غیرخطی				فارسی	عنوان درس				
				انگلیسی					
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد					
	۴۸	۳		اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه		
				نظری	عملی	نظری	عملی		
				نظری	عملی	نظری	عملی		
				نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					
				حل تمرین: ندارد					

هدف:

سرفصل درس :

مراجع پیشنهادی:



عنوان درس	فارسی	انگلیسی	مدل سازی ریاضی					
	نیاز پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
	۴۸	۳	اختیاری نظری عملی	تخصصی نظری عملی	اصلی نظری عملی	پایه نظری عملی	نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد	حل تمرین: ندارد

هدف:

سرفصل درس :

- تعریف مدل ریاضی، فرایند مدل سازی، دسته بندی مدل های ریاضی
- مدل های برنامه ریزی خطی، شامل تولید ترکیبی، موازن بندی موتناز، زمان بندی تولید، تولید چند دوره ای، مسائل برش و غیره.
- مدل های ریاضی در سهام، سرمایه گذاری چند دوره ای و اوراق قرضه
- مدل سازی صحیح و صفر و یک، شامل هزینه ثابت، تقریب منحنی، توزیع و حمل و نقل، انتخاب و زمان بندی پروژه و غیره.
- مدل سازی غیرخطی، شامل کنترل پهیته گسته، مساله تولید-انبار، مساله ساخت بزرگراه، مساله طراحی ساختاری، طراحی مکانیکی، شبکه های الکترونیکی، مساله مدیریت منابع آب، تخصیص منابع وغیره
- مدل سازی تصادفی
- مدل سازی و تکنیک های تحلیل عملکرد، شامل تحلیل پوششی داده ها و روش مرز تصادفی

مراجع پیشنهادی:

1. M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty, **Nonlinear programming: theory and algorithms**. Wiley, New York, 2009.
2. Junger et al., **50 Years of Integer Programming 1958–2008**, Springer, 2010.
3. M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, **Linear programming and network flows**, John Wiley, New York 1990.
4. Hamdy Taha, **Integer Programming: Theory, Application, and Computations**, Academic Press, New York, 1975.
5. W.W. Cooper, L.M. Sieford, K. Tone, **Data Envelopment Analysis**, Kluwer Academic Publishers, 2007.



Game Theory and its Applications		نظریه بازی و کاربردها		فارسی	عنوان درس
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	انگلیسی		
	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					پایه
حل تمرین: ندارد					نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد
					هدف:

سرفصل درس:

بازیهای انتلافی با سود قابل انتقال، هسته (core)، ناتهی بودن هسته، قضیه Bondareva – Shapley ، بازیهای انتلافی بدون سود قابل انتقال.

مجموعه‌های پایدار و نیومن و مورگنسترن، مجموعه چانه‌زنی، k (kernel) هسته، N هسته (Nucleolus) – ارزش شیپلی.

مسئله چانه‌زنی – جواب نش و رده بندی آن - تعریف اصل موضوعی جواب نش
بازیهای ماتریسی، محاسبه تعادل های مخلوط، بازیهای توسعه یافته تک مرحله‌ای، بازیهای توسعه یافته چندمرحله‌ای، بازیهای مجموع صفر با حرکات تصادفی، تعمیم هایی از فرم توسعه یافته بازیهای مجموع صفر متاهی، مجموعه های اطلاعاتی وابسته به عمل

مراجع پیشنهادی:

- 1) Martin J. Osborne, Ariel Rubinstein, A Course in Game Theory (1994).
- 2) G. Owen, Game Theory (1995).
- 3) R. B. Myerson, Game Theory: Analysis of Conflict (1991).
- 4) R. Gibbons, Game Theory for Applied Economists (1992).



نظریه مکان یابی							فارسی	عنوان درس
Location Theory							انگلیسی	
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
	۴۸	۲	نظري	عملی	نظري	عملی	نظري	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد								حل تمرین: ندارد

هدف:

سرفصل درس:
معرفی مسائل فرما و بر

معرفی مسائل مکانیابی پیوسته: شامل مکانیابی تک وسیله ای، چند وسیله ای و مسائل بدون خوفیت

معرفی و روش‌های حل مسائل مکانیابی در حضور موانع (Location problem with barriers)، معرفی مدل‌های مکانیابی گستته و شبکه، معرفی مسائل پوشش (Covering) و مسائل مکانیابی هاب (Hub location)، معرفی مدل‌های ناخوشایند (Obnoxious)، نیمه ناخوشایند (Semi-obnoxious) و مدل‌های گلوگاه (Bottleneck)، معرفی مدل‌های مکانیابی احتمالی، معرفی مدل‌های مکانیابی معکوس و وارون (Reverse and Inverse models)

روشهای حل مدل‌های مکانیابی شامل: روش‌های تقریبی، روش‌های ابتکاری و فراتکاری، روش‌های رهاسازی لاترانزیون و نیمه لاترانزیون، روش‌های دقیق

مراجع پیشنهادی:

1. M.S. Daskin, Networks and discrete location: models, algorithms and applications, 2th edition 2013, Wiley.
2. Z. Drezner, H.W. Hamacher, Facility location: applications and theory, 2nd edition 2004, Springer.
3. R.L. Francis, F. McGinnis and J.A. White, Facility layout and location: an analytical approach, 2nd edition 1991, Pearson.
4. K. Klamroth, Single facility location problems with barriers, 2002, Springer
5. H.W. Kuhn, On a pair of dual nonlinear problems, in Nonlinear programming, Chapter 3, J. Abadie, 1967, North Holland.
6. R.F. Love, J.G. Morris and G.O. Wesolowsky, Facility location: models and methods, 1988, Appleton&Lange.
7. P.B. Mirchandani, R.L. Francis, Discrete location theory, 1990, Wiley-Interscience.



مباحث ویژه در بهینه‌سازی				فارسی	عنوان درس				
Special topics in Optimization				انگلیسی					
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد						
اجازه گروه	۴۸	۳	اختراری		تخصصی		اصلی		پایه
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: با نظر استاد						حل تمرین: با تغیر استاد			

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه بهینه سازی که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می‌گردد.
ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه یا استی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده بررسد.



ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد



فصل اول

مشخصات دوره کارشناسی ارشد گرایش رمز و کد



مقدمه

دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد یک دوره تحصیلی میان رشته‌ای یا تاکید بر دو زمینه تخصصی «رمز» و «کد» است. هدف از این دوره تربیت دانش‌آموختگانی است که علاوه بر آشنایی بر جنبه‌های کاربردی این دو زمینه تخصصی، با تسلط بر مبانی نظری این مباحث توانایی تجزیه و تحلیل مسایل را نیز به طور اصولی داشته باشد. همچنین فارغ التحصیلان می‌توانند به عنوان کارشناس ارشد در سازمان‌ها، شرکت‌ها یا موسسات مرتبط و یا با ادامه تحصیل در مقاطع بالاتر به عنوان متخصص در زمینه مربوطه به فعالیت حرفه‌ای پردازند.

تعريف

دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد یکی از دوره‌های آموزشی و پژوهشی در سطح تحصیلات تکمیلی از نظام آموزش عالی است که بعد از دوره کارشناسی آغاز و به اعطای مدرک رسمی دانشگاهی در دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد می‌انجامد و از نظر اجرایی، تابع ضوابط، مقررات و آیین نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است.

اهداف

تربیت پژوهشگر متخصص در حوزه رمز و کد
تأمین نیازهای تخصصی شرکت‌های خصوصی و دولتی در زمینه‌های امنیت داده و اطلاعات و فناوری‌های ارتباطاتی و مخابراتی
توسعه علم و فناوری در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات با تاکید بر مبانی بنیادی و ریاضی آنها

نقش و توانایی

فارغ التحصیلان دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد می‌توانند:
به عنوان متخصص امنیت داده، اطلاعات و ارتباطات در مراکز داده، مدیریت شبکه‌های اطلاعاتی و ارتباطی، ... در شرکت‌های خصوصی،
مراکز مالی، شرکت‌های مخابراتی، شرکت‌های فناوری اطلاعات، دانشگاه‌ها، مراکز آموزشی و ... فعالیت کنند؛
به عنوان پژوهشگر در زمینه امنیت اطلاعات و یا متخصص سامانه‌های ارتباطی در شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی به پژوهش، نوآوری و
توسعه فناوری‌های توین حوزه رمز و کد پردازند.

ضرورت و اهمیت

عصر جدید، عصر فناوری‌های توین اطلاعاتی و ارتباطی است. سرعت نوآوری در این حوزه نیازمندی‌های علمی و عملی خاصی را طلب می‌کند. حجم داده‌های فراوان در این حوزه که نیازمند امنیت و محترمانگی هستند و نیاز به پردازش و ارسال سریع اطلاعات حجیم که نیازمند فناوری‌های توین ارتباطی هستند، تربیت متخصصین و کارشناسان خبره و مسلط بر دانش رمز و کد را طلب می‌کند. گرایش رمز و کد یک دوره بین رشته‌ای، بین رشته‌های مهندسی برق، کامپیوتر، فیزیک، علوم کامپیوتر و ریاضی است، که بخش اعظم آن بر بنیاد دانش ریاضی بنا شده است و لازم است به تربیت دانشجویان در این حوزه پرداخته شود تا بتوان پاسخگوی نیازمندی‌های کشور در حال حاضر و آینده بود.

ضوابط کلی دوره

- ثبت‌نام دانشجو در نیمسال دوم تحصیلی منوط به انتخاب زمینه تخصصی خود (رمز یا کد) است.
- گذراندن دروس ۱۰۱ و ۱۰۲ از جدول (۱) برای دانشجویان هر دو زمینه تخصصی الزامی است.
- اخذ یک درس از دروس الزامی اصلی یکی از زیرشاخه‌های دیگر رشته‌های علوم ریاضی (ریاضی محض، ریاضی کاربردی یا علوم کامپیوتر) برای کلیه دانشجویان الزامی است.
- گذراندن درس ۲۰۱ از جدول (۲) برای دانشجویان زمینه تخصصی رمز و گذراندن درس ۳۰۱ از جدول (۳) برای دانشجویان زمینه تخصصی کد الزامی است.



- گذراندن حداقل ۲ درس انتخابی دیگر از اجتماع حداول (۲) و (۳) (به غیر از دروس الزامی زیرشاخه) برای کلیه دانشجویان الزامی است.
- مابقی دروس شامل حداقل یک درس ۳ واحد اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان نامه با نظر استاد راهنمای و تایید نهایی گروه مجری تعیین می شود.
- با توجه به بین رشته های بودن شاخه رمز و کد، دروس جدول های ۲ و ۳ قابل افزایش است و دانشجو با نظر استاد راهنمای و تایید گروه می تواند از سایر رشته های مرتبط، دروس لازم را اختیار نماید.
- سرفصل دروس "مباحث ویژه در ..." می تواند در هر نیم سال تحصیلی توسط گروه مجری مصوب و اجرا شود، هر دانشجو فقط می تواند در طول دوره یکبار درسی از نوع "مباحث ویژه در ..." را اخذ نماید.
- مابقی مقررات بر اساس آیین نامه آموزش دوره های کارشناسی ارشد ناپیوسته خواهد بود.

کلیات برنامه

عنوان دوره : کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش رمز و کد

پیشنبازورود: دارابودن مدرک کارشناسی در یکی از رشته های علوم ریاضی (علوم کامپیوتر، ریاضیات و کاربردها یا آمار و کاربردها)، مهندسی برق، مهندسی کامپیوتر یا یکی از رشته های مرتبط



فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش رمز و کد



جدول ۱: درس‌های اصلی گرایش رمز و کد

تعداد واحد	نام درس	کد درس
۳	الگوریتم و محاسبه	۱۰۱
۳	نظریه اطلاع و کاربرد	۱۰۲

جدول ۲: دروس الزامی - انتخابی زمینه تخصصی رمز

پیش‌نیاز یا هم‌نیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	کد درس
	عملی	نظری	جمع			
۱۰۲ و ۱۰۱		۴۸	۴۸	۳	رمزنگاری (۱)	۲۰۱*
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	رمزنگاری (۲)	۲۰۲
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	امنیت شبکه	۲۰۳
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	روش‌های آماری در رمزنگاری	۲۰۴
۱۰۲ و ۱۰۱		۴۸	۴۸	۳	پیهان‌سازی اطلاعات	۲۰۵
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	امنیت پایگاه داده	۲۰۶
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	نظریه اعداد محاسباتی	۲۰۷
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	بروتکل‌های رمزنگاری	۲۰۸
۲۰۱		۴۸	۴۸	۳	روش‌های صوری در رمزنگاری	۲۰۹
اجازه گروه		۴۸	۴۸	۳	مباحث ویژه در رمزنگاری	۲۱۰

* گذراندن درس ۲۰۱ از این جدول برای دانشجویان زمینه تخصصی رمز الزامی است.

جدول ۳: دروس الزامی - انتخابی زمینه تخصصی کد

پیش‌نیاز یا هم‌نیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	کد درس
	عملی	نظری	جمع			
۱۰۲ و ۱۰۱		۴۸	۴۸	۳	کدگذاری (۱)	۳۰۱*
۳۰۱		۴۸	۴۸	۳	کدگذاری (۲)	۳۰۲
۳۰۱		۴۸	۴۸	۳	کدگذاری شبکه	۳۰۳
۳۰۳		۴۸	۴۸	۳	الگوریتم‌های کدگشایی تکراری	۳۰۴
۳۰۱		۴۸	۴۸	۳	کدگذاری فضا-زمان	۳۰۵
۱۰۱		۴۸	۴۸	۳	کدگذاری منبع	۳۰۶
۳۰۱		۴۸	۴۸	۳	نظریه اطلاع و کدگذاری کوانتومی	۳۰۷
۳۰۱		۴۸	۴۸	۳	کدهای حلقه مبنا	۳۰۸
۳۰۳		۴۸	۴۸	۳	کد شبکه خطی تصحیح کننده خطا	۳۰۹
اجازه گروه		۴۸	۴۸	۳	مباحث ویژه در کدگذاری	۳۱۰

* گذراندن درس ۳۰۱ از این جدول برای دانشجویان زمینه تخصصی کد الزامی است.



فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش رمز و کد



نظریه اطلاع و کاربرد							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Information Theory and its Application								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
ندارد	۴۸	۳	اختباری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی	حل تمرین: ندارد
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد								

هدف: ارائه مفاهیم آنتروپی به صورت تحلیلی و بیان کاربرد آن در کدگذاری منبع و کانال، ظرفیت کانال، قضیه‌های شانون، بررسی خواص آماری و احتمالاتی آنتروپی و نقش نظریه اطلاعات در رمزگاری.

سرفصل‌های درس:

- آنتروپی، آنتروپی شرطی و توام، آنتروپی نسبی، اطلاعات متقابل، نامساوی ینسن(Jensen)، فانو ...
- خاصیت افزایش مجذوبی یکنواخت و خواص و اهمیت آن
- نرخ آنتروپی یک فرآیند تصادفی، آنتروپی و قدم زدن تصادفی
- فشرده‌سازی داده‌ها، نامساوی کرفت(Kraft)، کدهای بهینه، کدهای هافمن(Huffman)، کدگذاری شانون،
- ظرفیت کانال، انواع کانال‌ها و خواص آنتروپیک آنها، خواص ظرفیت کانال، نامساوی فانو و عکس قضیه کدگذاری، قضیه‌های شانون
- کانال گوسی، خواص، انواع نویزها
- رمزگاری از دیدگاه نظریه اطلاع، مدل شانون برای امنیت، امنیت کامل و ...

منابع

- [1] T.M.Cover and J.A.Thomas, Elements, of Information Theory, John Wiley, New York, 2006.
- [2] R. McEliece, The Theory of Information and Coding, Cambridge Univ. Press, 2004.
- [3] Y. Liang, H. V. Poor and S. Shamai, Information Theoretic Security, Now publishers Inc. 2009.



		الگوریتم و محاسبه				فارسی	عنوان درس
						انگلیسی	
Algorithm and Computation							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد
ندارد	۲۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	
			عملی	نظری	عملی	عملی	نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد
							حل تمرین: ندارد

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجو با مفاهیم اصلی نظریه محاسبه مرتبط با زمینه‌های رمز و کد در ایجاد سختی الگوریتم با سهولت محاسبات الگوریتم‌ها و امکان تجزیه و تحلیل پیچیدگی الگوریتم‌های مورد استفاده است.

سرفصل‌های درس:

- ارائه تعریف دقیق پیچیدگی محاسبه در مدل‌های قطعی (deterministic) و غیرقطعی (non-deterministic).
- تعریف دقیق کلاس‌های P و NP، تعریف دقیق مسائل NP-تمام با ارائه مثال.
- اهمیت مدل NP در تحلیل حمله به سامانه‌های رمزگاری و اینکه الگوریتم مهاجم اساساً مسئله‌ای در کلاس NP را حل می‌کند.
- بحث در مورد اهمیت کلاس مسائل به طور کارا حل‌بذر و اینکه مدل‌های مختلف وجود دارند. نامناسب بودن کلاس P از دیدگاه رمزگاری برای این منظور.
- تعریف کلاس‌های پیچیدگی تصادفی، بالاخص BPP. بحث در مورد مسئله $\emptyset = BPP - NP$ و ارتباط آن با مفهوم امنیت.
- تحلیل چند سامانه رمزگاری در مدل‌های مختلف حمله از این دیدگاه و ارائه تعریف دقیق امنیت معنایی (Indistinguishability).
- بحث در مورد ارتباط این مطلب با تمایزناپذیری (Semantic Security).
- تعریف دقیق ماشین تورینگ اوراکل دار و چگونگی عملکرد آن. ارائه تعریف دقیق مدل پاسخ‌گوی تصادفی (Random Oracle) و ارائه یک اثبات امنیت ساده در این مدل.
- بحث در مورد سامانه‌های اثبات تعاملی (Interactive Proof Systems) و قضایای اصلی مرتبط با آن‌ها، بالاخص بحث در مورد طرح اثبات AM = IP = PSpace = AIP.

منابع:

- [1] J. Talbot and D. Welsh, Complexity and Cryptography: An Introduction, Cambridge University Press, 2006.
- [2] S. Arora and B. Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009.



رمزنگاری ۱						فارسی	عنوان درس
						انگلیسی	
نوع واحد							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	اختباری	تخصصی	اصلی	پایه	
نظریه اطلاع و کاربرد، الگوریتم و محاسبه	۴۸	۲	عملی نظری	عملی نظری	عملی	نظری	حل تمرین: ندارد نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد

هدف: بیان اهمیت رمزنگاری در ارتباطات و نقش ریاضیات پیشرفته در توسعه آن، معرفی رمزنگاری کلاسیک و سپس انواع سبتم‌های رمزنگاری متقارن و نامتقارن، امضای دیجیتال و ... به نحوی که دانشجو بر اصول و مفاهیم پایه‌ای رمزنگاری مسلط شده و با مثال‌های لازم در این زمینه آشنا شود.

سرفصل‌های درس:

- اهمیت رمزنگاری، تاریخچه، معرفی سرفصل‌های مهم ریاضی مرتبط با رمزنگاری و درصورت لزوم تدریس و بادآوری نکات کلیدی ریاضی مورد لزوم نظریه، میدان‌های متناهی، نظریه اعداد، پیجیدگی محاسبه.
- رمزنگاری کلاسیک، معرفی سیستم‌های رمز مشهور (نظری سازار و آفین) و نحوه تحلیل آنها
- بادآوری قضیه شانون، امنیت کامل، نحوه اندازه گیری امنیت و محرومگی (با استفاده از روش‌هایی نظری انتروپی و نظریه پیجیدگی)، بررسی انواع امنیت
- معرفی اولیه‌های رمزنگاری به ویژه مولدهای شبه تصادفی، توابع یک طرفه، توابع چکیده ساز مولدهای شبه تصادفی، تکنیک‌ها و روش‌های مختلف تولید اعداد تصادفی و اهمیت آنها در تولید کلید رمزنگاری‌محترن (قالبی و جریانی)، معرفی انواع تحلیل رمزهای متقارن از جمله تحلیل‌های تفاضلی، خطی، جبری و سایر حملات شناخته‌شده به رمزهای قالبی
- معرفی توابع چکیده ساز، انواع کدهای احراز اصالت (HMAC، MAC، CBC و ...)، امنیت و حملات محتمل به آنها، پروتکل تبادل کلید دیفری - هلمن
- معرفی سامانه‌های رمزنگاری کلید عمومی مشهور (RSA، الجمال، رابین و ...)، تحلیل امنیت آنها
- معرفی طرح‌های امضای رقمی مشهور (نظری RSA، الجمال و اشنور)

منابع:

- [1] D.R. Stinson, *Cryptography: Theory and Practice*, Chapman & Hall / CRC; 3rd edition, 2006.
- [2] W. Mao, *Modern Cryptography: Theory and Practice*, Prentice Hall, 2003.
- [3] J. Hoffstein, J. Pipher and J.H. Silverman, *An Introduction to Mathematical Cryptography*, Springer, 2008.
- [4] Josef Pieprzyk, Thomas Hardjono, Jennifer Seberry: "Fundamentals of Computer Security", Springer Verlag, 2003.
- [5] Christof Paar, Jan Pelzl: "Understanding Cryptography, A Textbook for Students and practitioner", Springer Verlag, 2010.
- [6] Jonathan Katz, Yehuda Lindell: "Introduction to Modern Cryptography", Editor: Douglas Stinson, Chapman and Hall/CRC, Taylor & Francis Group, 2008.
- [7] Andreas Klein, *Stream Ciphers*, Springer Verlag, 2013.
- [8] Thomas Cover, Joy A. Thomas: "Elements of Information Theory", 2nd Ed. Wiley Series, 2006.



				رمزنگاری ۲	فارسی	عنوان درس
					انگلیسی	
				نوع واحد		
رمزنگاری ۱	دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	اختیاری	شخصی	اصلی
		۴۸	۳	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
				نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		

هدف: معرفی و آشنایی با جنبه‌های مختلف از کاربرد رمزنگاری، مولدهای تصادفی و نقش حیاتی آنها در ایجاد امنیت، ایجاد توانایی اثبات امنیت سامانه‌های رمزنگاری، معرفی سیستم‌های رمزنگاری جدید، سیستم‌های رمزنگاری آینده و چالش‌های موجود

سرفصل‌های درس:

- تعریف دقیق اولیه‌های رمزنگاری به ویژه مولدهای شبه تصادفی، توابع یک طرفه، توابع چکیده ساز و ارائه قضایای اصلی
- تعریف دقیق طرح‌های شناسایی و احراز اصالت، روش‌های ساخت و اثبات امنیت آنها
- پروتکل دیفری - هلمن. الگوهای توزیع کلید
- مدل امنیت پاسخگوی تصادفی و تحلیل آن
- تعریف دقیق توابع چکیده‌ساز، روش‌های ساخت و تحلیل آنها
- الگوریتم‌های امضای رقمی با کلید عمومی، روش‌های طراحی و اثبات آنها
- آموزش حملات استاندارد نظری حملات خطی، تفاضلی، جبری و نظایر آن بر روی یک سامانه ساده رمزنگاری (با انتخاب استاد)

- معرفی مفاهیم و اصول مرتبط با موضوعات پیش‌رفته‌تر در رمزنگاری با تأکید بر مثال، نظریات اثبات‌های هیچ دانشی، رمزنگاری کوانتومی (معرفی محاسبات کوانتومی، محدودیت‌های کامپووترهای کوانتومی و سایر مفاهیم مرتبط)، رمزنگاری مشبکه مبنا، رمزنگاری کدمبنا، رمزنگاری مبتنی بر خم بیضوی، رمزنگاری چکیده مبنا، رمزنگاری چند متغیره

منابع:

- [1] Jonathan Katz, Yehuda Lindell: "Introduction to Modern Cryptography", Chapman and Hall/CRC, Taylor & Francis Group, 2008.
- [2] D.R. Stinson, Cryptography: Theory and Practice, Chapman & Hall / CRC; 3rd edition, 2006.
- [3] W. Mao, Modern Cryptography: Theory and Practice, Prentice Hall, 2003.
- [4] A. Menezes , P. Oorschot , S Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, CRC Press; 1 edition, 1996.
- [5] Bernstein Daniel J., Johannes Buchmann, Erik Dahmen: "Post-quantum Cryptography", Springer Verlag, 2009.
- [6] Micciancio Daniele, Shafi Goldwasser: "Complexity of Lattice Problems: A Cryptographic Perspective", Springer Verlag, 2002.
- [7] Steven D. Galbraith: "Mathematics of public key cryptography", Cambridge University Press, 2012.



				امنیت شبکه	فارسی	عنوان درس
					انگلیسی	
Network Security						
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد				نوع واحد
شبکه‌های کامپیوتری، رمزنگاری ۱	۴۸	۳		اختیاری نظری عملی	شخصی عملی نظری	اصلی پایه نظری عملی
				نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد

هدف: این درس به ارائه مباحث مورد نیاز برای امنیت سیستم‌های کامپیوتری در شبکه‌ها می‌پردازد. در این درس سازوکارهای ایجاد محترمانگی، صحت و دسترس پذیری برقراری سرویس‌های مختلف امنیت شبکه مورد توجه قرار می‌گیرد.

سرفصل‌های درس:

- مقدمه‌ای بر مباحث شبکه، تهدیدات امنیتی، انواع حملات و راه‌های مقابله با آنها (DOS، بدافزارها، ویروس‌ها، کرم‌ها، شبکه‌های بات، جاسوس افزارها، فیشنگ و نظایر آن).
- معرفی اجمالی سیستم‌های رمزنگاری متقارن، نامتقارن، توابع چکیده ساز.
- امنیت لایه دسترسی به شبکه، سرویس‌های امنیتی ATM، پروتکل‌های ECP، EAP، CHAP، PAP، PPP و پرتکل‌های L2TP.
- امنیت لایه اینترنت، فیلترهای بسته، VPN، IPSec، NAT.
- دیوار آتش (firewall) و اصول طراحی آن، نحوه قرارگیری دیوار آتش در شبکه، سیستم‌های تشخیص نفوذ، محل قرارگیری آنها در شبکه، .false positive/negative، NIDS و HIDS و ترکیب آنها، موتورهای همبستگی سنج.
- امنیت لایه حمل، ISAKMP، SASL، Socks V5.
- امنیت لایه کاربرد، فیلترهای محتوى، مجوزدادن و کنترل دسترسی، امنیت پست الکترونیکی، امنیت وب، SSL، SET، امنیت جوا، امنیت مدیریت شبکه و SNMP.
- مونیتورینگ، مراکز مدیریت امنیت (SOC)، گمانی از شبکه، پروتکل‌های امن در شبکه، مقاهمی کلیدی forensics، مولفه‌ها و تکالیف.
- امنیت شبکه‌های بی‌سیم، WPA/WEP، VOIP.
- طرح و معرفی مباحث جدید و به روز در زمینه امنیت شبکه.

منابع:

- [1] William Stallings, Network Security Essentials: Applications and Standards, 4th ed., Prentice Hall, 2011.
- [2] William Stallings, Cryptography & Network Security: principles and practice, 5th ed., Pearson, 2011.
- [3] B. Forouzan, Cryptography & Network Security, McGraw-Hill, 2008.



روش‌های آماری در رمزنگاری				فارسی	انگلیسی	عنوان درس	
Statistical Methods in Cryptography							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
رمزنگاری ۱	۴۸	۳		اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی						نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد	

هدف: هدف اصلی این درس آشنایی دانشجو با روش‌ها و ابزار موجود در علم آمار برای تجزیه و تحلیل سامانه‌های رمزنگاری است.

سرفصل‌های درس:

- پادآوری اصول اولیه آمار و احتمال بالاخص احتمال شرطی و قانون بیز.
- مولدهای شبیه تصادفی و پیاده‌سازی آن‌ها. تحلیل آماری این مولدها. اصول طراحی آزمون‌های آماری و مسائل مرتبط. جهانی بودن آزمون‌های NIST و آزمون‌های آماری پیشرفت‌تر.
- استفاده از روش‌های بیزی در تجزیه و تحلیل سامانه‌های رمز. ارائه چند مثال در تحلیل و حمله (با نظر استاد). تأکید بر حمله‌های خطی و تفاضلی از این دیدگاه.
- ارائه اصول طراحی مدل‌های گرافیک. بالاخص روش HMM و مدل‌های پیشرفت‌تر. اصول نظری مرتبط و چگونگی تغییر و به کارگیری این مدل‌ها به عنوان مسائل پیهنه‌سازی پیچیده. بررسی کارایی و پیاده‌سازی با ارائه چند مثال (با نظر استاد).

منابع:

- [1] L. Chen and G. Gong, Communication System Security, CRC Press, 2012.
- [2] J. E. Gentle, Computational Statistics, Springer 2009.
- [3] D. Koller and N. Friedman, Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques, MIT Press, 2009.
- [4] A.J. Menezes, P.C. van Oorschot, S.A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, CRC Press 1996.
- [5] S. Murphy, F. Piper, M. Walker, P. Wild, Likelihood Estimation for Block Cipher Keys, Technical Report, RHUL, 1995.
- [6] D. Neuenschwander, Probabilistic and Statistical Methods in Cryptology, LNCS 3028, Springer 2004.
- [7] H. Niederreiter, Random Number Generation and Quasi-Monte Carlo Methods, SIAM, 1992.
- [8] M. Stamp, R.M. Low, Applied Cryptanalysis: Breaking Ciphers in the Real World, John Wiley and Sons Inc, 2007.



پنهان سازی اطلاعات				فارسی	انگلیسی	عنوان درس
Information Hiding						
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد				نوع واحد
نظریه اطلاع و کاربرد، الگوریتم و محاسبه	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			
			حل تمرین: ندارد			

هدف: آشناسازی دانشجو با تکنیک‌ها و روش‌های پنهان‌سازی اطلاعات در داده‌ها و محتواها، همچنین معرفی بعضی از روش‌های نهان‌کاری و کاوی و معرفی آخرين روش‌های مورد استفاده در پنهان‌سازی اطلاعات.

سرفصل‌های درس:

- مبانی پنهان‌سازی اطلاعات (information hiding) و کاربردهای اصلی آن: نهان‌گاری (steganography) و نشان‌گذاری (watermarking)
- بررسی ساختاری اطلاعات چندسانه‌ای (ویدیو، تصویر، صوت پاند پهن و صحبت)
- تحلیل سیگنال‌های حامل (cover) و بررسی الگوریتمی آن‌ها در محیط فشرده به منظور درج پیام (covert)
- مطالعه تحلیلی روش‌های پنهان‌سازی شامل نهان‌گاری و نشان‌گذاری (مقاوم، شکننده و نیمه شکننده)
- شناسایی و تحلیل حملات عمدى و غیرعمدى در نشان‌گذاری
- نهان‌کاوی (Steganalysis) و معرفی بعضی از روش‌های نهان‌کاوی مشهور نظیر ماشین‌های فرآگیری و تحلیل‌های آماری
- آشکارسازی و استخراج پیام در نشان‌گذاری و نهان‌گاری
- مطالعه اثر ویژگی‌های ادرأکی انسان در پنهان‌سازی اطلاعات
- آخرین فنون نهان‌گاری

منابع:

- [1] M. Miller, J. Bloom, J. Fridrich, T. Kalker and I. Cox, Digital Watermarking and Steganography, Elsevier, 2008.
- [2] N.F. Johnson, S. Jajodia and Z. Duric, Information Hiding: Steganography and Watermarking - Attacks and Countermeasures, Kluwer, 2003.
- [3] S. Katzenbeisser, P. Fabien, Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking, Artech House, 2000.



امنیت پایگاه داده							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Database Security								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
رمزگاری ۱	۲۸	۳	پایه	اصلی	اختیاری	شخصی	نظری	نظری به اجرای پروژه عملی: ندارد
			نظری	عملی	نظری	عملی	عملی	

هدف: این درس به نکات منطقی در رابطه با امنیت پایگاه داده‌ها می‌پردازد. رویه‌های صحت و محترمانگی اطلاعات در زمینه پایگاه داده‌ها مرور شده و مدل‌سازی پایگاه‌های داده بررسی می‌شود. طراحی پایگاه داده امن، امنیت در پایگاه داده‌های آماری، رویکردهای امنیت برای پایگاه داده‌های شی گرا، و جمع‌آوری و استفاده از پایگاه داده‌های بازرسی همراه با تشخیص نفوذ معرفی می‌شوند.

سرفصل‌های درس:

- مقدمه‌ای بر پایگاه داده‌ها (مفهوم، اجزا، معماری‌ها، انواع و ...)
- خواسته‌های امنیتی (بکارگیری داده و صحت المان‌ها، قابلیت بازرسی، کنترل دست بایی، احراز اصالت کاربر، دسترسی بذری، قابلیت اعتماد)
- اطلاعات حساس (عوامل حساس‌سازی، تصمیم‌های مختلف در مورد دسترسی، دسترسی بذری داده‌ها، اطمینان از اصالت، انواع افشا اطلاعات)
- مدل‌های امنیتی: کنترل دسترسی، مسئله استنتاج و کانال‌های نهان، خط مشی باز در مقابل بسته و کنترل دسترسی اختیاری در مقابل احباری
- مدل‌های کنترل دسترسی اختیاری: مدل‌های ماترسی مینا، مدل‌های گراف مینا و مدل‌های کنترل دسترسی اختیاری خاص پایگاه داده‌ها
- مدل‌های کنترل دسترسی اجباری: مدل‌های حفظ محترمانگی، مدل‌های حفظ صحت، مدل‌های کنترل دسترسی جندسطحی و معماری DBMS امن چند سطحی
- مدل‌های کنترل دسترسی نقش مینا و انواع آنها
- امنیت در پایگاه داده آماری، راهکارهای مختلف
- مدل‌های امنیتی نسل‌های نو و بعدی پایگاه داده‌ها (کنترل دسترسی در پایگاه داده‌های شی گرا، مبنی بر XML، آنلوزی و ...)
- مدل‌های کنترل دسترسی قبدي و الزامي
- محصولات تجاری و نمونه‌های اولیه تحقیقاتی
- ارزیابی و تعبیر داده مطمئن
- ساز و کارها و مدل‌های صحت
- بازرسی در پایگاه داده رابطه‌ای
- امنیت ارکل
- تشخیص نفوذ در پایگاه‌های داده
- امنیت پایگاه‌های داده در فضای ابری (cloud) و فضای grid
- امنیت داده‌ها در حالت داده‌های حجمی (big data)

منابع:

- [1] S. Castano, M. G. Fugini, G. Martella, and P. Samarati, "Database Security", Addison-Wesley, 1996.
- [2] E. Bertino, R. Sandhu, "Database Security-Concepts, Approaches, and Challenges", IEEE Transaction on Dependable and Secure Computing, vol. 2, no. 1, 2005.
- [3] M. Bishop, Computer Security: Art and Science, 2nd ed: Addison-Wesley, 2003.
- [4] R. S. Sandhu, E. J. Coyne, H. L. Feinstein, and C. E. Youman, "Role-Based Access Control Models", IEEE Computer, vol. 29, pp. 38-47, 1996.

				نظریه اعداد محاسباتی	فارسی	انگلیسی	عنوان درس
Computational Number Theory							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
نظریه اعداد، برنامه‌سازی C	۴۸	۲		اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
				نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد			

هدف: آشنایی با روش‌های محاسباتی در نظریه اعداد با هدف تحلیل عددی و کاهش پیچیدگی محاسبات برای الگوریتم‌ها در نظریه اعداد که کاربردهای متعددی در رمزنگاری و علوم کامپیوتر دارند.

سرفصل‌های درس:

- معرفی کوتاه بر مقدمات نظریه اعداد و جبر چون قضیه باقیمانده چینی، قضیه کوچک فرما، تابع اویلر، دنباله Lucas و Jacoby ...
- الگوریتم‌های کارای ضرب، جمع، تقسیم، توان رساندن و نظایر آن در حلقه‌های متناهی و الگوریتم‌های مختلف پیمانه گرفتن Barrett reduction و Montgomery reduction
- الگوریتم‌های غربالگری اعداد مرکب Constructive Methods و Bit-Array Table-Lookup
- الگوریتم‌های آزمون اول بودن: آزمون‌های احتمالاتی Miller-Rabin، Solovay-Strassen، Ballie-PSW و آزمون قطعی Agrawal-Kayal-Saxena
- الگوریتم‌های تجزیه اعداد و مطالعه پیچیدگی زمانی و حافظه مصرفی
- حساب خرم‌های بیضوی
- بکارگیری کتابخانه اعداد بزرگ زبان C++ برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های ارائه شده در درس

منابع

- [1] R. Crandall, C. Pomerance, Prime Numbers, A Computational Perspective, Springer, 2000.
- [2] Victor Shoup, Computational Introduction to Number Theory and Algebra, Cambridge University Press, 2005.



پروتکل‌های رمزنگاری							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Cryptographic Protocols								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
رمزنگاری ۱	۴۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی نظری عملی نظری عملی	حل تمرین: ندارد
			نياز به اجرای پروژه عملی: ندارد					

هدف: در این درس پروتکل‌های امنیتی مختلف توصیف شده، همچنین حملات و دفاع‌های مختلف در مقابل آنها مطرح می‌شود.
پروتکل‌های مختلف مانند پروتکل‌های احراز اصالت و امضاء، مدیریت حقوق دیجیتال، پروتکل‌های امنیتی در شبکه‌های توزیع شده، بی‌سیم و باسیم، رای‌گیری الکترونیکی، پروتکل‌های پرداخت الکترونیکی، راهکارهای رمزنگاری بصری و ...

سرفصل‌های درس:

- مقدماتی بر پروتکل‌ها، پروتکل‌های امن و انواع آن، کلاس‌های حملات به پروتکل‌های امن و مدل‌های امنیتی، امضاء و احراز اصالت و هویت، پروتکل‌ها و سازوکارها، مدیریت و برقراری کلید و صدور گواهی
- مولفه‌های سازنده پروتکل (تعريف پروتکل)، ارتباط امن با استفاده از رمزنگاری متقارن، توابع یک طرفه، ارتباط امن با استفاده از رمزنگاری نامتقارن، امضاهای رقemi (digit)، چارچوبی برای سازوکارهای رقemi، RSA و طرح‌های امضای مربوطه، طرح امضای فیات شامبر، DSA و طرح‌های امضای مربوطه، طرح‌های امضای رقemi یکبار مصرف، طرح‌های امضای رقemi حکم‌دار، طرح‌های امضای رقemi کور، طرح‌های امضای رقemi غیرقابل انکار، طرح‌های امضای رد-توقف)
- پروتکل‌های ساده (مبادله کلید، احراز اصالت، احراز اصالت و مبادله کلید، تحلیل صوری مبادله کلید و احراز اصالت، رمزنگاری با کلید عمومی چندگانه، رمزنگاری آستانه‌ای، تمهیم راز، محافظت رمزنگاشتی (cryptographic) از پایگاه‌های داده).
- پروتکل‌های متوسط (خدمات مهر زمانی، کاتالال نهان، امضای رقemi غیرقابل انکار، امضای با تأکید کننده مشخص، امضاهای وکالتی، امضاهای گروهی، محاسبه با اطلاعات رمزشده، طرح‌های تعهد بیتی، طرح‌های سکه اندازی منصفانه، پوکر ذهنی، جمع کننده‌های یک طرفه، افسای همه یا هیچ راز، برون سواری کلید)
- پروتکل‌های پیشرفته (اثبات‌های هیچ دانشی، اثبات‌های هیچ دانشی، امضاهای کور، رمزنگاری کلید عمومی مبتنی بر شناسایی، انتقال بی خبر، امضاهای بی خبر (oblivious transfer)، امضای قرارداد توأمان، نامه رقemi سفارشی، مبادله همزمان رازها)
- مدیریت کلید (تولید کلید، فضای غیرخطی کلید، انتقال کلید، تایید کلید، ذخیره کلید، تازه کردن کلید، ازین بردن کلید، مدیریت کلیدهای عمومی، زیرساخت کلید عمومی، گواهی نامه‌ها، مدل‌های اعتماد)
- پروتکل‌های مبادله کلید (طرح دیفری هلمن، پروتکل‌های ایستگاه به ایستگاه، پروتکل‌های شامبر، مبادله کلید رمزشده، توزیع کلید کنفرانس و پخش راز)
- طرح‌های شناسایی
- پروتکل‌های خاص (انتخابات امن، محاسبات چند طرفه امن، پخش بدون نام پیام، اسکن‌بان رقemi)

منابع:

- [1] C. Boyd, A. Mathuria, Protocols for Authentication and Key Establishment, Springer, 2003.
- [2] B.Schneier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C, Wiley, 1996.
- [3] P.Ryan, S.Schneider, M.Goldsmith, G.Lowe and B. Roscoe, modelling and Analysis of Security Protocols, Addison-Wesley, 2001.



روش‌های صوری در رمزنگاری				فارسی	عنوان درس		
Formal Methods in Cryptography				انگلیسی			
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
رمزنگاری ۱	۴۸	۳		اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
				نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد			

هدف: استفاده از روش‌های صوری در مدل‌سازی و تحلیل پروتکل‌ها و الگوریتم‌های رمزنگاری

سرفصل‌های درس:

- نظریه مجموعه‌ها و منطق از مرجع [۱]
- سه روش صوری اصلی
- وارسی‌گر مدل (از جمله ابزار Scyther) از مرجع [۲]
- درستی‌بایی خودکار (از جمله منطق BAN) از مرجع [۳]
- جبر پردازهای از مرجع [۴]
- مدل‌سازی و توصیف (description) چند پروتکل معروف امنیت و توزیع کلید (چون دیفی-هلمن) به وسیله یکی از روش‌های صوری سه‌گانه معرفی شده در درس
- مشخص کردن (specification) چند خاصیت عمدۀ امنیت چون احراز اصالت، محترمانگی، کنترل دسترسی، گمانامی، عدم انکار با یکی از روش‌های صوری سه‌گانه معرفی شده در درس
- درستی‌بایی (verification) ویزگی‌های امنیتی برای پروتکل‌های توصیف شده

منابع:

- [1] Michael Huth and Mark Ryan, Logic in Computer Science modeling and reasoning about systems, Cambridge University Press, 2004.
- [2] C. Cremers, S. Mauw, Operational Semantics and Verification of Security Protocols, Springer, 2012.
- [3] G. Bella, Formal Correctness of Security Protocols, Springer, 2007.
- [4] Wan Fokkink, Introduction to Process Algebra, Springer, 2007.



مباحث ویژه در رمزگاری							فارسی	عنوان درس انگلیسی	
Special topics in Cryptography									
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد						
اجازه گروه	۲۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نحوه واحد		
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نحوه واحد		
نیاز به اجرای پروژه عملی؛ با نظر استاد							حل تمرین؛ با نظر استاد		

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه تخصصی رمزگاری که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می‌شود. ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه، باید به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده برسد.



							کدگذاری ۱	فارسی	انگلیسی	عنوان درس
Coding I										
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد							
نظریه اطلاع و کاربرد الگوریتم و محاسبه	۴۸	۳	اختباری	شخصی	اصلی	پایه	نظری	عملی	نظری	عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد

هدف: شناخت مقاهیم اساسی ساخت کد و انتقال اطلاعات از کانال نویزدار، روش‌های تشخیص و تصحیح خطأ، آشنایی با چند کد مهم و دارای ساختار.

سرفصل‌های درس:

- کدهای بلوکی، کدهای بلوکی خطی، تعریف، مقاهیم، پارامترهای کلیدی، ماتریس مولد و ماتریس بررسی توازن، کانال‌های مخابراتی و معرفی مختصر بعضی از مدولاسیون‌های معروف
- طرح تصمیم، احتمال‌های کشف و تصحیح خطأ
- کدگشایی مبنی‌میم فاصله، کدگشایی بیشترین درستنمایی
- میدان‌های متناهی، روش ساخت و توسعی، چند جمله‌ها و محاسبات روی میدان‌های متناهی
- به دست آوردن کدهای جدید از یک کد مفروض، دوگان یک کد خطی
- کدگشایی بر اساس مشخصه
- کدهای با خاصیت پیشترین جدایی پذیری MDS



- کدهای همینگ، ساخت، خواص و پارامترها
- کدهای دوری و نحوه ساخت آنها با کمک میدان‌های متناهی
- کدهای BCH دودویی و غیر دودویی، کدگذاری و کدگشایی، خواص و پارامترها
- کدهای رید-سالمون، کدگذاری و کدگشایی، خواص و پارامترها
- کدهای رید-مولر و انواع آنها
- کدهای آلتنت، کدهای گویا و کدهای BCH تعمیم یافته
- روش‌های ترکیب کدها (ضرب کدها، تعمیم کدها، الحاق کدها، کوتاه کردن کدها و ...)
- کدهای ساخته شده با هندسه متناهی و کدهای Majority-Logic decodable

منابع:

- [1] S.B.Wicker, Error control systems for digital communication and storage, Prentice-Hall Englewood cliffs, NJ, 1995.
- [2] S.Roman, Coding and Information Theory, Springer-Verlag, 1992.
- [3] Shu Lin and Daniel Castello, Error Control Coding, Pearson Pr. Hall, NJ, 2004.
- [4] T.K. Moon, Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithms, Wiley-Interscience, 2005.
- [5] J.H. van Lint, Introduction to coding theory, Springer, 1999.

		کدگذاری ۲		فارسی	عنوان درس	
Coding II				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
کدگذاری ۱	۲۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			عملی	نظری	عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: تدارد				حل تمرین: تدارد		

هدف: ارائه مفاهیم پیشرفته در نظریه کدگذاری نظری بررسی و تحلیل پارامترهای ریاضی و کلیدی کدها، تکنیک‌های کدگشایی و کدگذاری کدهای جدید و بررسی خواص آنها، معرفی آخرين دستاوردها در خصوص کدهای جدید و بررسی خواص آنها.

سفرفصل‌های درس:

- کدهای کلاسیک، کدهای جبری و هندسی و کدهای غیر خطی مشهور و اشراف کلی بر پارامترها و خواص کلیدی آنها شامل:
- کران روی اندازه کدها مفاهیم و قضایا، توزیع وزن مفاهیم و قضایا، دوگان و خوددوگانی کدها، خواص و پارامترها، مباحث مربوط به شاعع پوششی (مطالعه موردی برای بعضی از کدها)
- کدهای روی Z_m (مطالعه موردی برای Z_4 ، معرفی کدهای دارای ساختار هندسه جبری (خواص و پارامترها)
- معرفی کدهای غیر خطی مشهور و پارامترهای آنها
- کدهای تصحیح کننده خطای پاک کننده کپهای
- کدهای مبتنی بر گراف، Expansion گرافی و ... (معرفی آنها)
- کدهای پیچشی
- انواع و روش‌های ساخت
- کدگذاری
- کدهای پیچشی و کانال‌های خطای پاک کننده کپهای
- ارائه یک نوع روش کدگشایی (به عنوان مثال، روش‌های کدگشایی داریست سینما و الگوریتم ویتری)
- کدهای توربو
- انواع و روش‌های ساخت
- معرفی جایگشت دهندها
- ارائه یک نمونه الگوریتم کدگشایی مشهور برای این دسته از کدها
- تحلیل کارایی کدهای توربو
- LDPC کدهای
- انواع و روش‌های ساخت دارای ساختار منظم و نامنظم، دوری، شبه دوری و دودوبی و غیر دودوبی (با استفاده از ماتریس‌های جایگشت دوری، با استفاده از طرح‌های ترکیبیاتی، با استفاده از هندسه منتها، بورتوگراف‌ها و RA...) و شبه تصادفی (مک‌کی، PEG، ملگر)
- کدگذاری کدهای QC-LDPC و LDPC



- ارائه دو نمونه الگوریتم کدگشایی تکراری تصمیم سخت و نرم (برای نمونه الگوریتم جمع-ضرب) برای این دسته از کدها در حالت دودویی (توانایی و درک کدگشایی کدهای LDPC بر روی سه کانال AWGN, BEC, BSC)
- تحلیل کارایی کدهای LDPC
- تکامل چگالی Density Evolution
- روش ساخت کدهای LDPC با استفاده از تکامل چگالی خواص کدهای ساخته شده و تحلیل کارایی آنها
- الحاق کدها، ضرب کدها ب هم نهش کدها (Superposition) و ... با استفاده از کدهای توصیف شده بندهای فوق (بیچشی، توربو، LDPC)، نحوه کدگشایی، مزایا و معایب
- معرفی کدهای قطبی، کدهای جدید (ریتور، فوارهای و)، معرفی مقدماتی از کدگذاری شبکه، کدهای جدید

منابع:

- [1] T. Richardson, R. Urbanke, Modern Coding Theory, Cambridge University Press, 2008.
- [2] S. Lin, D.J. Costello, Error Control Coding, 2004.
- [3] J.H Van Lit, Introduction to Coding Theory (Graduate Texts in Mathematics), Springer, 1998.
- [4] W.C. Huffman, V. Pless, Fundamentals of Error-Correcting Codes, Cambridge, 2003.
- [5] Handbook of Coding Theory, Volume I, Volume II, North Holland; 1 edition, 1998.
- [6] William E. Rayan and Shu Lin, Channel Codes, Classical and Modern, Cambridge University Press, 2009.



کدگذاری شبکه							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
نوع واحد								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						
کدگذاری ۱	۲۸	۳	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه		
			نظری عملی	عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری		
حل تمرین: ندارد								
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد								

هدف: هدف این است که دانشجو به توان تحلیل شبکه و کدگذاری آن دست یابد و بتواند با توجه به کاربرد زیادی که کدگذاری شبکه در مسائل اقتصادی، طراحی ارتباط همتا-همتا، شبکه‌های بی‌سیم و ... دارد دانش و توان علمی خود را مورد استفاده قرار دهد.

سرفصل‌های درس:

- * تعریف و مقدمات ریاضی مورد نیاز، شبکه پروانه‌ای، ارتباطات بی‌سیم و ماهواره‌ای، شبکه‌های ارتباطی نقطه به نقطه، کران برای بیشترین جریان
- * کدگذاری شبکه برای شبکه‌های منبع منفرد چند-پخشی، مدل شبکه‌های ارتباطی، شبکه‌های غیرهوری، تعریف کدهای شبکه، نظریه کدگذاری شبکه‌های منبع منفرد چند-پخشی، بهره (gain) کدگذاری شبکه برای شبکه‌های ترکیبی
- * کدگذاری شبکه به صورت خطی، تعاریف کدهای شبکه خطی، قضیه Medart و Koetter برای کدهای شبکه خطی، خواص مطلوب برای کدهای شبکه خطی
- * تکنیک‌های کدگذاری شبکه، کدگذاری متمرکز (localized)، کدگذاری تصادفی
- * کدگذاری شبکه منبع منفرد به صورت خطی، شبکه‌های دوری، شبکه‌های دوری بدون تاخیر، کدهای پیچی (convolutional) شبکه، کدگذاری و کدگشایی

منابع:

- [1] R. W. Yeung, Information Theory and Network Coding, Springer; 1st edition, 2008.
- [2] R. Yeung, S-Y Li, N Cai, Network Coding Theory, Now Publishers Inc, 2006.
- [3] Tracey Ho, Network Coding, Cambridge Univ. Press, 2008.
- [4] C. Fragouli , E. Soljanin, Network Coding Applications, 2008.



الگوریتم‌های کدگشایی تکراری							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Iterative Decoding Algorithms								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد
کدگذاری ۲	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نظری	عملی
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد	

هدف: این درس به بررسی و تحلیل الگوریتم‌های کدگشایی کدهای خطی می‌پردازد که برای کدگشایی از روش‌های تکراری و گراف‌ها بهره می‌برند. این رده از کدها از جدیدترین خانواده‌های کدها بوده و دارای کاربردهای فراوانی در سیستم‌های مخابراتی فعلی هستند.

سرفصل‌های درس:

- مقدمه‌ای بر کدها، کانال‌ها، ظرفیت و مفاهیم گرافی مورد نیاز (آتروپی، ظرفیت، انواع کانال، کدها و کدگشایی و اندازه گیری کارایی)
- کدهای LDPC
- معرفی مختصر (روش‌های ساخت دارای ساختار، شبه تصادفی)
- کدگذاری (اختیاری)
- کدگشایی (انواع روش‌های تکراری نرم و سخت برای کدهای دودویی و غیر دودویی و برای انواع کانال‌های مخابراتی)، بررسی پیچیدگی محاسباتی
- معرفی مجموعه‌های ترکیبیاتی اثر گذار بر کدگشایی تکراری، کمرگراف، دور در گراف
- تحلیل نمودارهای کارایی
- معرفی کدهای خوب LDPC و قواعد تولید آنها مبنی بر نتایج کدگشایی کدهای پیچشی
- معرفی مختصر و نحوه ساخت کدگذاری کدهای پیچشی (اختیاری)
- کدگشایی BCJR، کدگشایی Viterbi, Log MAP برای انواع کانال‌های مخابراتی، بررسی پیچیدگی محاسباتی کدهای توربو
- معرفی مختصر و نحوه ساخت کدگذاری کدهای توربو (اختیاری)
- کدگشایی کدهای توربو برای انواع کانال‌های مخابراتی، بررسی پیچیدگی محاسباتی
- الحق سریالی و کدهای RA
- الحق سریالی کدهای توربو
- کدهای Repeat-accumulate(RA)
- کدگذاری کدهای RA (اختیاری)
- کدگشایی کدهای RA



- طراحی کد
- نمودارهای EXIT
- نمودارهای EXIT برای کدهای توربو (اختیاری)
- نمودارهای EXIT برای کدهای RA (اختیاری)
- نمودارهای LDPC برای کدهای EXIT
- طراحی و آنالیز کد بر اساس نمودارهای EXIT
- تحلیل خطای کف
- معرفی
- تحلیل بیشترین درست نمایی
- تحلیل خطای کف برای کدهای LDPC
- ملاک‌ها و معیارهای طراحی کدها برای غلبه بر خطای کف و پارامترهای موثر

منابع:

- [1] S.B. Wicker, S. Kim, Fundamentals of codes, graphs, and iterative decoding, Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [2] S. J. Johnson, Iterative Error Correction Turbo, Low-Density Parity-Check and Repeat-Accumulate Codes, Cambridge University Press, 2010.
- [3] T. Richardson , R. Urbanke, Modern Coding Theory, Cambridge University Press, 2008.
- [4] S. Lin, D.J. Costello, Error Control Coding, Pearson-Prentice Hall, 2004.
- [5] Handbook of Coding Theory, Volume I, Volume II, North Holland; 1 edition, 1998.
- [6] William E. Rayan and Shu Lin, Channel Codes, Classical and Modern, Cambridge University Press, 2009.



کدگذاری فضا-زمان							فارسی	عنوان درس
							انگلیسی	
Space-Time Coding								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
کدگذاری ^۱	۴۸	۳	پایه نظری	تحصیلی نظری	تحصیلی عملی	اصلی نظری	اصلی عملی	حل تمرین: ندارد نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد

هدف: مطالعات بیانی در خصوص ظرفیت کانال‌های MIMO^۱ برای مخابرات بدون سیم و دست یابی به حداکثر کارایی پیش‌بینی شده توسط نظریه‌های مختلف ریاضی. معرفی مفاهیم آنتن‌های انتقال/دریافت چندگانه، معرفی فنون کدگذاری فضا-زمان، مطالعه فنون آنالیز کدهای فضا-زمان و معرفی الگوریتم‌های مختلف کدگشایی برای کدهای فضا-زمان

سرفصل‌های درس:

- مرور دوره،
- معرفی کانال‌های بی سیم، ظرفیت کانال‌های MIMO.
- محک طراحی کد فضا-زمان، کدهای بلوکی متعامد فضا-زمان، کدهای ترلبیس^۲ فضا زمان و انواع آن.
- کدگشایی کدهای فضا-زمان، مدلولاسیون مختلف فضا-زمان،
- روش‌های مختلف تشخیص برای آنتن‌های چندگانه،
- روش‌ها و فنون جدید و پرور دنبی در خصوص کدهای فضا-زمان،
- کدهای پیچشی، توربو و LDPC و ... و کاربرد آنها در کدهای فضا-زمان،
- سایر مفاهیم جدید در کدهای فضا-زمان

منابع:

- [1] H. Jafarkhan, Space-Time Coding: Theory and Practice, Cambridge University Press, 2005.
[2] Branka Vucetic, Jinhong Yuan, Space-Time Coding, John Wiley, 2003.



¹Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)

²Trellis

				کدگذاری منبع	فارسی	انگلیسی	عنوان درس
Source Coding							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد			
نظریه اطلاع و کاربرد	۲۸	۳	نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
				نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	عملی عملی

هدف: فناوری‌های دیجیتال گنویی به مرحله‌ای از رشد رسیده اند که به خلق، تبادل و مصرف اطلاعات می‌پردازند. این دامنه وسیع استفاده از داده و اطلاعات، پهنانی باند مورد استفاده در ارتباطات را با مسائل جدی روبرو نموده است و هسته اصلی این فناوری‌ها برای مدیریت داده، اطلاعات و نرخ آن روش‌های کدگذاری منبع است که موضوع این سرفصل درسی است. مبتنی بر اصول نظریه اطلاع و نرخ اعوجاج^۳ مواردی نظیر کدگذاری آنتروپی، تدریج^۴، کدگذاری تبدیل^۵ و کدگذاری پیشگویانه^۶ در این درس مورد توجه قرار خواهد گرفت. همچنین الگوریتم‌های کدگذاری صوت و ویدئو بررسی و مطالعه خواندند.

سرفصل‌های درس:

- مقدماتی بر نظریه اطلاع، آنتروپی، نامساوی کرفت، آنتروپی نسبی، شرطی، نرخ افزونگی، اطلاعات متقابل و ..
- کدگذاری بدون اتصال، کدهای نامنطبق: شانون، هافمن، کدهای حسابی، کدهای فراگیر و منطبق. کدهای Ziv-Lempel
- نظریه نرخ-اعوجاج، تابع نرخ-اعوجاج، کران پایین شانون، توزیع نرخ روی متغیرهای مستقل، معکوس آشمار، الگوریتم بالاهموت کوانتیزاسیون نرخ-بالا، تدریج constrained-entropy و Constrained-resolution
- Practical high-rate-theory-based quantizers
- تدریج نرخ-پایین، الگوریتم (k-means) برای حالت‌های Lloyd training و constrained-resolution
- تدریج برداری دارای ساختار و انواع آن، روش‌های جستجوی سریع بانک‌های تبدیل و فیلتر
- پیشگویی خطی

منابع:

- [1] T. Wiegand and H. Schwarz, Source Coding: Part I of Fundamentals of Source and Video Coding, Now Publishers, 2011.
- [2] T.M. Cover and J.A. Thomas: Elements of Information Theory, 2nd Edition, John Wiley & Sons, NJ, 2006.
- [3] R.M. Gray: Source Coding Theory, Springer, 1989.



³Distortion
⁴Quantization
⁵Transform
⁶Predictive

نظریه اطلاع و کدگذاری کوانتومی						فارسی	عنوان درس
						انگلیسی	
Information Theory and Quantum Coding							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد
کدگذاری ۱	۲۸	۲	اختیاری	شخصی	اصلی	پایه	نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد

هدف: دانشجو در این درس با مکانیزم‌های کوانتومی، الگوریتم‌های کوانتومی و کدهای تصحیح کننده خطای کوانتومی آشنا می‌شود.

سرفصل‌های درس:

- ضرور جبر خطی و نماد دیراک (ضرب داخلی فضاهای، ماتریس‌های نرمال، ضرب تنسوری فضاهای برداری، تجزیه مقدار تکین، تجزیه اشمیت و ...)
- فرض‌های مکانیزم‌های کوانتوم (فضای حالت، تکامل یکتاپی، اندازه‌گیری، ماتریس‌های چگالی، رد جزئی)
- اصل عدم قطعیت هایزبرگ، پارادوکس ERP و ناساواهای بل
- بعضی از بروتکل‌ها و الگوریتم‌ها شامل کدگذاری فوق چگال، teleportation، الگوریتم BB84
- فاصله‌ها روی فضاهای حالت
- نقشه‌های کوانتوم (نقشه‌های حفاظت‌رد به طور کامل مثبت، بازنمایش Kraus، بازنمایش Choi-Jamiolkowski)
- نظریه تصحیح خطای کوانتومی کدها و محاسبه کوانتومی (کد شور، قضیه Knill-Laflame، کدهای CSS، کدهای پایدارساز)

منابع:

- [1] Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press, 2011.
- [2] Ivan Djordjevic, Quantum Information Processing and Quantum Error Correction, Academic Press, 2012.



کدهای حلقه مبنا				فارسی	انگلیسی	عنوان درس
Ring-Based Coding						
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد				نوع واحد
جبر ۳ و آشنایی با مفاهیم نظریه حلقه‌ها، کدگذاری ۱	۲۸	۲	اختباری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	عملی نظری	عملی	نظری عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			

هدف: ساخته جدیدی از نظریه کدگذاری در زمینه ساخت کدهای خطی رو جدید این حلقه‌های متناهی ایجاد شده است که هدف این درس آشنایی دانشجو با نظریه‌های حوزه است.

سرفصل‌های درس:

- حلقه چندجمله‌ای‌ها و الگوریتم تقسیم اقلیدس
- تجزیه چندجمله‌ای‌ها روی میدان‌های متناهی و خواص چندجمله‌ای‌ها نظریه تحويل ناپذیری، ارائه محک‌های بررسی تحول ناپذیری، بررسی وجود ریشه و ...
- لم هنسل و قضیه ترفع هنسل^۷
- حلقه‌های گالوا شامل ارائه مثال‌هایی از حلقه‌های گالوا، ارائه ساختار و بررسی قضایای کلیدی، بررسی شباهت‌های میان حلقه‌های گالوا و میدان‌های گالوا و ...
- معرفی حلقه‌هایی که شرایط طراحی کد روی آنها وجود دارد نظری حلقه‌های آرتینی و نوتری، حلقه‌های فربنیوس، حلقه‌های زنجیری^۸ و ... (اختباری)
- کدهای خطی روی \mathbb{Z}_4 و ارائه ماتریس مولد
- چندجمله‌ای‌های شمارنده وزن، تعریف تابع وزن روی یک حلقه و ارائه وزن‌های مختلفی که روی کدهای حلقه مبنا تعریف می‌شود نظری وزن همینگ، وزن لی و ...
- معرفی نگاشت گری^۹ که رابطه میان کدهای حلقه مبنا و کدهای مبتنی بر میدان‌ها را بیان می‌کند.
- کدهای دوری روی حلقه‌ها و بررسی رده‌های خاص نظری کدهای کردوک و پرپرتا و تعمیم‌های آنها
- ارتباط میان کدهای چهارتایی^{۱۰} و مشبکه‌ها، بررسی کدهای چهارتایی خود دوگان و ارائه چندجمله‌ای شمارنده وزن برای آنها (اختباری)
- ارائه کدهای مبتنی بر حلقه‌های فربنیوس و حلقه‌های زنجیری

منابع:

- [1] Zhe-Xian Wan, Quaternary Codes, Series on Applied Mathematics, World Scientific Pub Co Inc, 1997.
- [2] Zhe-Xian Wan, Lectures on finite fields and Galois rings, World Scientific Pub Co Inc, 2003
- [3] Bernard R. McDonald, Finite Rings with Identity, Pure and Applied Mathematics, a series of monograph and textbooks, 1974.

⁷Hensel Lift

⁸Chain ring

⁹Gray isometry

¹⁰Quaternary Codes



کد شبکه خطی تصویح کننده خطا						فارسی	عنوان درس انگلیسی
Linear Error Correcting Network Codes							
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد
کدگذاری شبکه	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نظری
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد	

هدف: با توجه به اینکه در بسیاری از موارد کاربردی کانال‌های یک شبکه ارتباطی خطا دار هستند لازم است در طراحی کدهای مورد نیاز در شبکه به قابلیت تصویح خطای کد نیز توجه نمود و از این جهت طراحی کدهای با قابلیت تصویح خطا اجتناب ناپذیر است.

سرفصل‌های درس:

- مدل شبکه تصویح خطأ
- وزن و فاصله، توانایی کشف تصویح و تصویح خطأ
- توصیف موضعی کدشبکه تصویح خطأ، وزن و فاصله، کدگشایی
- کران همینگ، کران یکانی و کدهای MDS
- ساخت کدهای MDS
- کدشبکه‌های تصادفی تصویح خطأ

منبع:

[1] Xuan Guang and Zhen Zhang, Linear Network Error Correction Coding, Springer, 2014.



مباحث ویژه در کد گذاری							فارسی	عنوان درس	
Special Topics in Coding							انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد						نوع واحد	
اجازه گروه	۲۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه			
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: با نظر استاد حل تمرین: با نظر استاد									

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر زمینه تخصصی کد که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می شود. ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه، باید به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده برسد.



ریاضی کاربردی - گرایش معادلات دیفرانسیل و دستگاه های دینامیکی



فصل اول

مشخصات دوره کارشناسی ارشد گرایش معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی



دستگاه‌های دینامیکی به بررسی پدیده‌هایی می‌پردازد که با زمان تحول می‌یابند، که در آن زمان می‌تواند پیوسته و یا گسته باشد. این پدیده‌ها معمولاً با معادلات دیفرانسیل (عادی، جزیی، تاکیری، تحولی، تصادفی و یا تابعی) و معادلات تفاضلی مدل می‌شوند. با توجه به اینکه اکثر مدل‌ها پدیده‌های غیر خطی را مدل می‌کنند، بدست آوردن جواب صریح آنها معمولاً امکان پذیر نیست. در اینجا بررسی خوش تعریف بودن مدل‌ها (وجود یکتایی و واستگی پیوسته جواب‌ها به داده‌های اولیه)، تجزیه و تحلیل کیفی جواب‌ها و بررسی رفتار هندسی و مجانبی جواب‌ها در فضای فاز از اهمیت بسزایی برخوردار است. رفتار سیاری از این مدل‌ها وابسته به پارامترهایی در مساله هستند که با گذر پارامتر از یک مقدار بحرانی رفتار کیفی جواب تغییر می‌کند (انشعاب رخ می‌دهد)، تعیین و شناسایی این مقدار بحرانی و نحوه تغییر جواب‌ها نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است.

تعريف

دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی یکی از دوره‌های آموزشی - پژوهشی در نظام آموزش عالی است که پس از دوره کارشناسی آغاز و به اعطای مدرک رسمی دانشگاهی می‌انجامد. این دوره از نظر اجرا تابع ضوابط و مقررات و آینه‌های مصوب شورای برنامه ریزی آموزش عالی وزارت علوم تحقیقات و فناوری است.

اهداف

- تأمین نیروهای کار آمد در زمینه تجزیه و تحلیل کیفی رفتار جواب‌های معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی
- تربیت نیروی متخصص در زمینه مدل سازی مسائل کاربردی

نقش و توانایی

دانش آموختگان دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی قادرند که:

- به عنوان مطلع در زمینه‌های نظری و عملی به تجزیه و تحلیل کیفی رفتار جواب‌های معادلاتی بپردازند که از علوم، مهندسی، اقتصاد و پژوهشی نشأت می‌گیرد.
- خوش تعریف بودن مدل‌های ارائه شده برای پدیده‌های مختلف را بررسی نمایند
- تغییرات کیفی رفتار جواب‌ها را با تغییر پارامترهای سیستم شناسایی و پیش‌بینی کنند
- مدل‌های جدید برای پدیده‌های فیزیکی، اقتصادی، مهندسی و زیستی ارایه کرده و رفتار دار آن را پیش‌بینی کنند.



- با تسلط بر نرم افزارهای سیستم‌های دینامیکی جواب‌ها را شبیه‌سازی کرده و تغییر در رفتار جواب‌ها را با تغییر در مقادیر پارامترها را تجزیه و تحلیل و بیش بینی کند.

ضرورت و اهمیت

گرایش معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی یکی از فعال ترین شاخه‌های علوم ریاضی است که در دانشگاه‌های معتبر سراسر جهان به تحقیق و تدریس در آن می‌پردازند. جهت خودکفایی در حل مسائلی که در تحقیقات پایه و کاربردی با آن‌ها مواجه هستیم، کسب دانش نظری و تسلط بر روش‌های تجزیه و تحلیل کیفی مدل‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تربیت زیروی متخصص در زمینه معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی می‌تواند پاسخگوی نیازهای کشور در این زمینه و همچنین به پیشبرد مرزهای دانش کمک می‌کند.

کلیات برنامه

عنوان دوره: کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی
پیش نیاز ورود: دارا بودن مدرک کارشناسی در یکی از رشته‌های مجموعه علوم ریاضی، فیزیک و مهندسی.



فصل دوم

جدول دروس گراییش معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی



درس اصلی زمینه تخصصی معادلات دیفرانسیل عادی: معادلات دیفرانسیل عادی ۱

درس اصلی زمینه تخصصی معادلات دیفرانسیل پاره‌ای: معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۱

درس اصلی زمینه تخصصی دستگاه‌های دینامیکی: دستگاه‌های دینامیکی ۱

جدول شماره ۲: جدول دروس تخصصی - انتخابی

شماره ردیف	نام درس	نام درس لاتین	تعداد واحد	پیش‌نیاز (ها) و همنیاز (ها)
۱	معادلات دیفرانسیل عادی ۲	Ordinary Differential Equation 2	۳	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۲	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۲	Partial Differential Equations 2	۳	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۱
۳	دستگاه‌های دینامیکی گستته ۱	Discrete Dynamical Systems1	۳	مبانی سیستم‌های دینامیکی (کارشناسی)
۴	نظریه انفراد ۱	Singularity Theory 1	۳	نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)
۵	دستگاه‌های دینامیکی ۲	Dynamical systems 2	۳	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۶	روش‌های تغییراتی در معادلات دیفرانسیل	Variational Methods in differential equations	۳	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۱

دانشجو باید دست کم یک درس از میان دروس جدول فوق انتخاب نماید.



جدول شماره ۳: درس های تخصصی - اختیاری (زمینه تخصصی معادلات دیفرانسیل عادی)

شماره درس	نام درس	نام درس لاتین	تعداد واحد	پیشناز(ها) و همتیاز (ها)
۱	نظریه اشتورم و لیوویل	Sturm Liouville Theory	۳	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۲	معادلات انتگرال	Integral Equations	۳	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۳	آنالیز مجانبی	Asymptotics Analysis	۳	توابع مختلط و معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۴	حساب تغییرات	Calculus of Variations	۳	
۵	دستگاه های دینامیکی با بعد نامتناهی	Infinite dimensional Dynamical systems	۳	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۶	معادلات دیفرانسیل کسری	Fractional differential equations	۳	توابع مختلط (کارشناسی)
۷	معادلات دیفرانسیل تاخیری	Delay differential equations	۳	دستگاه های دینامیکی ۱
۸	ابزارهای اساسی در معادلات دیفرانسیل	Basic tools in differential equations	۳	آنالیز حقیقی ۱
۹	مباحث ویژه در معادلات دیفرانسیل عادی	Special Topics in ODE	۳	اجازه گروه



جدول شماره ۴: درس های تخصصی اختیاری (زمینه تخصصی معادلات دیفرانسیل پاره ای)

شماره درس	نام درس	نام درس لاتین	تعداد واحد	پیش‌نیاز (ها) و هم‌نیاز (ها)
۱	معادلات بیضوی	Elliptic equations	۳	معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱
۲	کاربرد های گروه لی در معادلات دیفرانسیل	Applications of Lie group in differential equation	۳	معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱
۳	معادلات تحولی و نیم گروه ها	Semi-groups and evolution equations	۳	معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱
۴	مسائل واژون	Inverse Problems	۳	معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱
۵	معادلات هذلولوی	Hyperbolic functions	۳	معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱
۶	ریاضیات زیستی	Mathematical Biology	۳	دستگاه های دینامیکی ۱
۷	نظریه کنترل	Control Theory	۳	دستگاه های دینامیکی ۱
۸	ریاضی فیزیک ۱	Mathematical Physics1	۳	آنالیز حقیقی ۱
۹	ریاضی فیزیک ۲	Mathematical Physics2	۳	آنالیز حقیقی ۱
۱۰	مباحث ویژه در معادلات دیفرانسیل پاره ای	Special Topics in PDE	۳	اجازه گروه



جدول شماره ۵: درس‌های تخصصی اختیاری (زمینه تخصصی دستگاه‌های دینامیکی)

شماره درس	نام درس	نام درس لاتین	تعداد واحد	پیش‌نیاز(ها) و همباز(ها)
۱	نظریه ارگودیک	Ergodic Theory	۳	آنالیز حقيقی ۱
۲	دینامیک مختلط	Complex Dynamics	۳	تابع مختلط (کارشناسی)، یا اجازه اسناد
۳	نظریه سیکل‌های حدی	Theory of Limit Cycles	۳	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۴	نظریه سیستم‌های کند-تندوسيکل های کاتارد در صفحه	Slow-Fast Systems and Canard Cycles in Plane	۳	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۵	انشعاب در سیستم‌های هامیلتونی	Bifurcations in Hamiltonian systems	۳	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۶	نظریه معدل گیری و فرم‌های نرمال	Averaging and Normal form Theory	۳	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۷	روش‌های محاسباتی در دستگاه‌های دینامیکی	Computational methods in Dynamical Systems	۳	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۸	نظریه انفراد ۲	Singularity theory 2	۳	نظریه انفراد ۱
۹	دینامیک هم پایا	Equivariant Dynamics	۳	نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی) و مبانی جبر (کارشناسی)
۱۰	مباحث ویژه در دستگاه‌های دینامیکی	Special Topics in Dynamical Systems	۳	اجازه گروه

دانشجو مؤلف است دست کم یک درس از مجموعه درس‌های جداول شماره ۴، ۳ و ۵ را اختیار کند.

تیصره: دانشجو باید با نظر گروه حداکثر یک درس از درس‌های کارشناسی ارشد مرتبط خارج از جداول ۲ الی ۵ را اختیار کند.



نظریه انفراد ۱				فارسی	عنوان درس
				انگلیسی	
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد		
نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی
			عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری
			عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		
			حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریز مواد درس:

ساده سازی لیپانف-اشمیت، روابط هم ارزی و انشعاب فضاهای مماسی محدود شده، تعین متناهی، ایده آل های ذاتی، نظریه شکافت، انشعابات ماندگار و غیرماندگار، دسته بندی براساس هم بعد، شکافت جهانی انشعابات مقدماتی، معادل بودن توپولوژیکی در مقابل معادل بودن هموار، انشعاب با تقارن 22

مراجع پیشنهادی:

1. M. Golubitsky, D.J. Schaefer, *Singularities and Groups in Bifurcation Theory, Volume I*, Springer-Verlag, 1985 .
2. M. Golubitsky, I. Stewart, D.J. Schaefer, *Singularities and Groups in Bifurcation Theory, Volume II*, Springer-Verlag, 1988.
3. V. I. Arnold, *Dynamical Systems, Catastrophe Theory*, Springer-Verlag, 1993



دستگاه های دینامیکی ۲						فارسی	عنوان درس
Dynamical Systems 2						انگلیسی	
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
دستگاه های دینامیکی ۱	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد	

هدف:

ریزمواد درس:

تقلیر در فرم های نرمال، فرم های نرمال دستگاه های وابسته به پارامتر،

انشعابات موضعی از هم بعد ۲: انشعابات تاکتزاگدانف (در حضور ۲ مقدار ویژه صفر)، انشعاب در حضور یک حفت مقدار ویژه موهومی و یک مقدار ویژه صفر، روش مدلگیری، روش ملئیکف، اختلال در مدارهای تناوبی و هموکلینیک در صفحه، انشعاب هموکلینیک، انشعابات سراسری ناشی از انشعابات موضعی از هم بعد ۲. انشعاب تاکتزاگدانف، انشعابات سراسری در صفحه، تعل اسب اسمبل، دینامیک نمادین، نتائج انتقال، مجموعه های هذلولوی، افزایش مارکف و ریابینده های غریب. مدارهای هموکلینیک به نقاط تعادل هذلولوی در دستگاه های خودگردان در انشعابات لورنزو و شلیکف، معادلات دیفرانسیل روی چنبره، عدد دوران، شبه تناوبی بودن، انشعابات مدارهای تناوبی روی چنبره

مراجع پیشنهادی:

1. Guckenheimer, J., Holmes, P, *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields*, Springer-Verlag, New York, 1988
2. Wiggins, S., *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*, Springer-Verlag, New York, 1990.
3. Kuznetsov, Y. A., *Elements of Applied Bifurcation Theory*, Springer-Verlag, New York, 1995
4. Hirsch, M. W., Smale, S., Devaney, R. L., *Differential equations, Dynamical Systems and an introduction to Chaos*, Second edition, Elsevier, Academic Press, 2004
4. S. Wiggins, *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*, Springer, Second Edition, 2003,



		نظریه ارگودیک		فارسی	عنوان درس	
Ergodic Theory				انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
آنالیز حقیقی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			

هدف:

ریز مواد درس:

نگاشت های اندازه نگهدار (مثال های مهندسی، بازگشت، ارگودیک، آمیزندۀ ضعیف، آمیزندۀ قوی، قضایای همگرایی)، ایزو مرفیسم - تزویج - ایزو مرفیسم طیفی (مقادیر ویژه، توابع ویژه، طیف گستره)، آنتروپی (تعریف و ویژگی ها، روش های محاسبه آنتروپی)، دینامیک توبولوژیک (مجموعه میتیمال، ترایاپی توبولوژیک)، اندازه های ناوردا برای نگاشت های پیوسته (اندازه روی فضای توبولوژیک، یکتایی ارگودیک)، آنتروپی توبولوژیک (اصل وردشی)

مراجع پیشنهادی:

1. P. Walters, *An Introduction to Ergodic Theory*, Graduate Texts in Mathematics, Vol. 79, 1982
2. M. Viana, K. Oliveira, *Foundations of Ergodic Theory*, Cambridge University Press, 2016.



دینامیک مختلط							فارسی	عنوان درس	
Complex Dynamics							انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد						
توابع مختلط یا اجازه استاد	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی		پایه
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریز مواد درس:

مقدمه و یاد اوری (توابع تحلیلی - توابع همدیس)، مقاهیم اولیه روی کره ریمان، نقاط ثابت - نقاط بحرانی - قضیه ریمان هربیتر، هم پیوستگی - خانواده نرمال - مجموعه زولیا - مجموعه فاتو و خواص آنها، مدار ناوردا - نقاط استثنایی - دسته بندی نقاط ثابت و تناوبی - پنهانه های جذب، مولفه های فاتو - مولفه های زولیا - شاخص اویلر - خواص مولفه های فاتو و زولیا، بررسی موضعی دینامیک نقاط ثابت - قضیه خطی سازی کونیکس - قضیه بوتخر - قضیه گلبرگ لنو و فاتو، دسته بندی مولفه های ناوردا

منابع پیشنهادی:

1. A. F. Beardon, *Iteration of rational functions, Complex analytic dynamical systems.* Springer-Verlag, 1991.
2. J. Milnor, *Dynamics in One Complex Variable.* 3rd edition, Princeton University Press, 2006.
3. L. Carleson, and T. W. Gamelin ,*Complex Dynamics.* Springer-Verlag, 1992.



نظریه سیکل های در صفحه				فارسی	عنوان درس	
Theory of Limit Cycles				انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
نظریه معادلات دیفرانسیل عادی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد

هدف:

ریزمواد درس:

نتایج پایه در نظریه کیغی معادلات دیفرانسیل: مروری بر نمای فاز میدان های برداری و جریان ها، معادل بودن و مزدوج بودن توبولوژیک، مجموعه های α -حدی و ω -حدی، ساختار موضعی نقاط تکین، قضیه پوانکاره بندیکسون فرم های نرمال و نقاط تکین مقدماتی: قضیه فرم های نرمال، نقاط تکین حاذب و دافع، نقاط زینی هذلولوی و مطالعه توبولوژیک آن ها، نقاط تکین مقدماتی: بزرگ نمایی همگن و شبه همگن، تکین زدایی و خاصیت لو جاسبویج، نقاط تکین پوچ تکین زدایی از نقاط تکین غیر مقدماتی: بزرگ نمایی همگن و شبه همگن، تکین زدایی و خاصیت لو جاسبویج، نقاط تکین پوچ توان مركز و ثابت های لیاپانف: فرم های نرمال مرکزهای خطی، نتایج پایه و اصلی، الگوریتم و کاربردها، فشرده سازی پوانکاره و پوانکاره لیاپانف: چارت های موضعی، نقاط تکین تامتناهی، فشرده سازی پوانکاره لیاپانف و بندیکسون، جریان سراسری یک میدان برداری چند جمله ای، اندیس های نقاط تکین در صفحه: اندیس یک مسیر حول یک نقطه، تغییر شکل مسیرها، اندیس نقاط تکین یک میدان برداری، میدان های برداری روی کره، فرمول اندیس پوانکاره، رابطه اندیس و چند گانگی سیکل های حدی و پایداری ساختاری: چند گانگی و پایداری سیکل های حدی، میدان های برداری دوران یافته، پایداری ساختاری

مراجع پیشنهادی:

- Y. Yan et al, *Theory of Limit Cycles*, Translations of Mathematical Monographs, Vol66, American Mathematical Society, 1986.
- F. Dumortier, J. Llibre, J. C. Artés, *Qualitative Theory of Planar Differential equations*, Universititex, Springer, 2006
- Perko, L., *Differential Equations and Dynamical systems*, 3rd Edition, Springer - Verlag , 2001



نظریه سیستم های کند-تند و سیکل های کانارد در صفحه Slow-Fast Systems and Canard Cycles in Plane						فارسی	عنوان درس
						انگلیسی	
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
دستگاه های دینامیکی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد

هدف:

ریزمواد درس:

مقدمه: مدل های تصادفی و شبیه پایداری، مقیاس های زمانی و سیستم های کند-تند، سیستم های کند-تند قطعی: منیفلدهای کند، تعاریف و مثال ها، همگرایی به یک منیفلد کند پایدار، نظریه هندسی اختلال تکن (وجود یک منیفلد آدبایتیک)، انشعابات دینامیکی (بوبیا)، کاهش منیفلد مرکزی، انشعاب گره-زینی، انشعاب چنگال متقارن و تاخیر انشعاب، چگونگی بدست آوردن قوانین مقیاس گذاری، انشعاب هاپ و تاخیر در انشعاب، مدارهای تناوبی و معدل گیری، همگرایی به یک مدار تناوبی پایدار، منیفلدهای پایا، سیستم های واسته به زمان کند ۱-بعدی: شاخه های تعادل پایدار، حالت خطی، حالت غیر خطی، تخمین های لحظه ای، شاخه های تعادل ناپایدار، انشعاب چنگال نامتقارن، سیستم های دینامیکی کند-تند چند بعدی: منیفلدهای کند و کاهش به متغیرهای کند، مدارهای تناوبی، دینامیک در تزدیکی یک مدار تناوبی ثابت، دینامیک در نزدیکی یک مدار تناوبی آرام، انشعابات، کاربردها: نوسانگرهای غیر خطی، معادله لانگوین میرا شده، نوسانگر و تدریل، مدل های ساده آب و هوا

مراجع پیشنهادی:

1. N. Berglund and B. Gentz, *Noise-Induced Phenomena In slow-Fast Dynamical Systems*, Springer- Verlag, 2006.



انشعاب در سیستم های هامیلتونی		فارسی	عنوان درس												
Bifurcations in Hamiltonian Systems		انگلیسی													
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد												
دستگاه های دینامیکی ۱	۴۸	۳	<table border="1"> <thead> <tr> <th>اختیاری</th> <th>تخصصی</th> <th>اصلی</th> <th>پایه</th> </tr> <tr> <th>نظری</th> <th>عملی</th> <th>نظری</th> <th>عملی</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>نظری</td> <td>عملی</td> <td>نظری</td> <td>عملی</td> </tr> </tbody> </table> نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد حل تمرین: ندارد	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه												
نظری	عملی	نظری	عملی												
نظری	عملی	نظری	عملی												

هدف:

ریز مواد درس:

ساختار بواسون، تبدیل های سیمپلکتیک، روش کاهش مسطح، نگاشت انرژی گشتاور، پایه های استاندارد، نرمال سازی بیرکهف والگوریتم های دیربریت نگاشت نمایی، کاهش به تکینگی مرکزی، شکافت جامع، نوسانگر، میدان های برداری دایره هم پایا، انشعاب و دینامیک های رزنанс قوی، نظریه انفراد، فضاهای مماسی، لم مورس گاما-پایا، پایه گروبنزو استاندارد، الگوریتم ها و محاسبات، الگوریتم های کس و شلزینگر.

مراجع پیشنهادی:

1. H. Broer, I. Hoveijn, G. Lunter, G. Vegter, *Bifurcations in Hamiltonian Systems, Computing singularities by Grobner basis*, Springer-Verlag Berlin 2003
2. J. P. Dufour, N. T. Zung, *Poisson Structures and their normal forms*, Birkhauser Verlag, 2005
3. S. Wiggins, *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*, Springer-Verlag, 2003



نظریه معدل‌گیری و فرم‌های نرمال							فارسی	عنوان درس
Averaging and Normal Form Theory							انگلیسی	
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
دستگاه‌های دینامیکی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد	

ریزمواد درس:

معدل گیری استاندارد، معدل گیری دوره‌ای، تداوم نقطه ثابت، حفظ خاصیت هذلولوی بودن، تزویج موضعی، سایه و لم سایه، حالات‌های منظم و معدن، معدل گیری روی زمان و روی زاویه، معدل گیری و ارتباط آن با فرم‌های نرمال، فرم‌های نرمال هامیلتونی، فرم‌های نرمال مرتبه اول، فرم‌های نرمال پوجتوان، فرم‌های نرمال از مرتبه‌های بالاتر، کاربرد هایی از نظریه معدل گیری و فرم‌های نرمال، خمینه مرکزی و فرم‌های نرمال

مراجع پیشنهادی:

1. J. A. Sanders, F. Verhaulst, J. Murdock, *Averaging methods in nonlinear dynamical systems*, Springer, 2007.
2. M. Haragus, G. Iooss, *Local Bifurcations, Center Manifolds, and Normal Forms in Infinite-Dimensional Dynamical Systems*, Springer, 2010
3. J. Guckenheimer & Ph. Holmes, *Nonlinear oscillation, dynamical systems and bifurcation of vector fields*, Springer, 1990.
4. Y. Kuznetsov, *Elements of Applied bifurcation theory*, Springer, 1998.



روش های محاسباتی در دستگاه های دینامیکی		فارسی	عنوان درس	
Computation methods in Dynamical Systems		انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد	
دستگاه های دینامیکی ۱	۴۸	۳	اختیاری	
			تحصیلی	
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		نظری عملی	اصلی	
حل تمرین: ندارد		نظری عملی	پایه	

هدف:

ریز مواد درس:

مبانی محاسباتی مربوط به نگاشتها و میدان های برداری، پایداری، انشعاب، مجموعه های حدی، ناورداها، ریاضیات های آشوب، مسئله مقدار اولیه و روش های محاسباتی، مرتبه و همگرایی، مرتبه خطی و غیر خطی، مسئله های خطی استیف، مسئله های غیر خطی استیف، روش های عددی به عنوان دستگاه های دینامیکی، شرط های لیپ شیتس، دستگاه های اتلافی، دستگاه های گرادیان، پایداری سراسری، انقباض، دستگاه های خطی، دستگاه های اتلافی، دستگاه های گرادیان، همگرایی مجموعه های ناوردا، تعادل ها، مدار ها، خمینه ها، پاسخ های دوره ای، نمودار حالت، تاثیر گستره سازی بر ریاضیات ها و خواص سراسری، دستگاه های هامیلتونی، دستگاه های پایستار

مراجع پیشنهادی:

1. A. M. Stuart and A. M. Humphries, *Dynamical systems and numerical analysis*, Cambridge University Press, 1998
2. J. Guckenheimer & Ph. Holmes, *Nonlinear oscillation, dynamical systems and bifurcation of vector fields*, Springer, 1990
3. Y. Kuznetsov, *Elements of Applied bifurcation theory*, Springer, 1998.



معادلات دیفرانسیل تاخیری ۱						فارسی	عنوان درس انگلیسی	
Delay Differential Equations 1						دروس پیش‌نیاز		
دستگاه های دینامیکی ۱	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی		
		عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریزمواد درس:

مثال هایی از معادلان دیفرانسیل تاخیری، نوسان در جواب ها، قضایای وجود، یکتایی و پیوستگی جواب ها به داده های اولیه و پارامتر، نظریه پایداری، تعاریف، روش تابعک های لیاپانف، تابعک های لیاپانف برای دستگاه های خودگردان، معادلات خطی خودگردان، نیم جریان، مجموعه های α -حدی و ω -حدی. دستگاه های دینامیکی تولید شده توسط معادلات تاخیری

نیم گروه های قویا پیوسته، طیف یک تولیدکننده، تجزیه فضای C ، ماتریس های مشخصه و معادل بودن، تجزیه فضای C توسط معادلات الحقیقی، اصل پایداری خطی شده، نقاط تعادل هذلولوی و غیر هذلولوی، مدارهای تناوبی هذلولوی، منیفلدهای پایدار، ناپایدار و مرکزی، مقدمه های بر نظریه انشعاب ها پرای معادلات تاخیری، ساده سازی منیفلد مرکزی، تخمین منیفلد مرکزی موضوعی

مراجع پیشنهادی:

1. Hale, J., Verduyn Lunel, S., *Introduction to Functional Differential Equations*. Springer-Verlag, 1993
2. Diekmann, O., van Gils, S.A., Verduyn Lunel, S. M., Walther, H.O., *Delay Equations, Functional-, Complex- and Nonlinear Analysis*, Springer-Verlag, New York, 1995
3. Arino, O., Hybrid, M. L. and Ait Dads, E., *Delay Differential Equations and Applications*, Springer, 2006
4. Smith, H., *An Introduction to Delay Differential Equations with Applications to the Life Sciences*, Springer, 2011



		نظریه انفراد ۲		فارسی	عنوان درس	
Singularity Theory2				انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
نظریه انفراد ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد

هدف:

ریزه مواد درس:

ساده سازی لیپاونف-اشمیت با تقارن با بعد نامتناهی، انشعاب هایف، جواب های تناوبی و ساده سازی لیپاونف - اشمیت.
وجود دو یکتا بی

تقارن بادو درجه آزادی، انشعاب با n متغیر حالت، انشعابات هیلتاپ، انشعابات ماندگار در انشعاب هیلتاپ
دسته بندی براساس هم بعد، شکافت جهانی انشعابات مقدماتی، تقارن $Z_2 + Z_2$ بادو درجه آزادی، مساله انشعاب، نتیجه
نظریه انفراد، پایداری خطی شده.

فرم های نرمال متقارن، مساله تشخیص، پایداری خطی و تقارن \mathbb{Z} .
نظریه شکافت متقارن، انشعاب متقارن، قضیه نظریه شکافت متقارن، شکست تقارن D_3 در انشعاب هایف.

مراجع پیشنهادی:

1. M. Golubitsky, D.J. Schaefer, Singularities and Groups in Bifurcation Theory, Volume I, Springer-Verlag, 1985.
2. M. Golubitsky, Ian Stewart, D.J. Schaefer, Singularities and Groups in Bifurcation Theory, Volume II, Springer-Verlag, 1988.
3. V. I. Arnold, Dynamical Systems, Catastrophe Theory, Springer-Verlag, 1993.



		فارسی		عنوان درس	
		دینامیک های هم پایا		انگلیسی	
Equivariant Dynamics					
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد		
نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل، مبانی جبر (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری عملی	تخصصی عملی	اصلی نظری
			نظری	عملی	نظری
			نظری	عملی	نظری
			نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد			

هدف:

ریزمواد درس:

- کاهش لیپانف - اشمت در بعد نامتناهی، کاهش لیپانف - اشمت با تقارن و بدون تقارن، عملگرهای دیفرانسیل خطی - بخشی، معادلات با تقارن، کنش متقابل مدها، نظریه گروه ها، کاهش ناپذیری، نگاشت های خطی و غیرخطی جابجاپذیر، توابع پایا، انشعابات حالت های تعادلی شکننده تقارن، زیرگروه های ایزوتروبی، زیرفضاهای ثابت و فرمول اثر، لم شاخه شدن هم پایا، نمودار انشعاب و تقارن Dn، دستگاه بنارد در صفحه، فرم های نرمال هم پایا، مساله تشخیص و فضاهای مماسی محدود شده، ایده ال های ذاتی و مدول ها.

قضیه شکافت چهانی هم پایا، انشعاب با تقارن Z2، کنش مدهای هاپ/حالت تعادلی با تقارن Z3، کنش مدهای هاپ/حالت تعادلی با تقارن O2، کنش مدهای هاپ/هاپ، تحلیل انشعاب در دستگاه تیلور-کوات.

مراجع پیشنهادی:

1. M. Golubitsky, Ian Stewart, D.J. Schaefer, Singularities and Groups in Bifurcation Theory, Volume II, Springer-Verlag, 1988.
2. Reiner Lauterbach, Pascal Chossat, Methods in Equivariant Bifurcations and Dynamical Systems, World Scientific publishing 2000.
3. M.J. Field, Dynamics and Symmetry, World Scientific publishing, 2007.



				فارسی	نظریه کنترل	عنوان درس
				انگلیسی		
Control Theory						
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
ندارد	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	عملی نظری	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریز مواد درس:

سیستم های کنترل خطی متناهی بعد: تعریف کنترل پذیری، یک محک انتگرال برای کنترل پذیری، شرایط کالمن برای کنترل پذیری، روش یکتایی هبلبرت،

معادلات دیفرانسیل پاره ای خطی: معادله انتقال، معادله کورتوگ - دوربز

سیستمهای کنترل خطی مجرد، معادله موج، معادله حرارت، معادله شرودینگر یک بعدی،

کنترل پذیری سیستم های غیر خطی در بعد متناهی: آزمون خطی، برآکتهای لی تکرار شونده و شرط رتبه جبر لی، نتایج سرتاسری

سیستم های کنترل خطی شده و روش های نقطه ثابت: آزمون خطی در موارد منظم، آزمون خطی در موارد عدم وجود مشتق، کنترل پذیری سرتاسری برای اغتشاشات سیستم های کنترل خطی، روش بازگشتی، کنترل پذیری معادلات اویلر و نویه- استوکس.

پایدار سازی سیستم های کنترل خطی متناهی بعد و کاربرد در سیستم های کنترل غیر خطی، پایدار سازی سیستم های کنترل غیر خطی متناهی بعد

مراجع پیشنهادی:

1. F. Colonius and W. Kliemann, *the Dynamics of Control*, Birkhauser, 2000
2. Jean-Pierre Aubin, *Viability Theory*, Birkhauser, 1991
3. Jean-Michel Coron, *Control and Nonlinearity*, American Mathematical Society, 2007



		ریاضیات زیستی		فارسی	عنوان درس	
Mathematical Biology				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
دستگاه های دینامیکی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			حل تمرین: ندارد			

هدف:

زیرزماد درس:

خیزدرمدهای جمعیتی تک گونه‌های، چندگونه‌های و برهمکنش گونه‌های سیستم بیولوژی و ساختن مدل‌های ریاضی برای پدیده‌های زیستی، خزندگان، خدمات اجتماعی-درمانی، برهمکنش‌های انسانی.

نوسان‌های بیولوژیکی، اختلال و اختلالات کیندر دستگاه‌های زیستی، تقابل ضعیف و قوی نوسانگرهای زیستی، مدل‌های دینامیکی بیماری‌ها شامل دستگاه دفاعی، تهاجم انگلی، تاخیر در عملکرد دستگاه ایمنی، گسترش بیماری و مدل‌های واگیر. مدل‌های دینامیکی واکنش‌های شیمیایی زیستی، معادلات نقوذ، مدل‌های فضایی، و ظهور الگوهای سدل‌های ریاضی تکامل.

مراجع پیشنهادی:

1. Kuang, Y., *Delay differential equations with applications in population dynamics*, Academic Press, 1993
2. Lewis, M. A., Chaplain, M. A. J., Keener, J. P., Maini, Ph. K. (editors), *Mathematical biology*, AMS, 2009
3. Murray, J. D., *Mathematical biology, I: An Introduction*, 3rd Ed., Springer, 2007
4. Murray, J. D., *Mathematical biology, II: Spatial models and biomedical applications*, 3rd Ed., Springer, 2003
5. Rocsoreanu, C., Georgescu, A., Giurgiteanu, N., *The Fitzhugh-Nagumo model, Bifurcation and Dynamics*, Kluwer, 2000.
6. Parker, Andrew, *In the blink of an eye: half a billion years ago*, Perseus Publishing, 2003



معادلات بیضوی		فارسی	عنوان درس
Elliptic Equations		انگلیسی	
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد
معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۱	۴۸	۳	اختیاری
			عملی نظری عملی نظری عملی نظری عملی نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد	

هدف: آشنایی با معادلات بیضوی خطی، شبه خطی و جوابهای لزجی معادلات غیر خطی.

ریزمواد درس:

روش‌های اثبات وجود جواب: روش برون، روش وردشی، روش پیوستگی، روش های فشردگی، روش های پتانسیل لایه‌ای، روش‌های نقطه ثابت.

اصول مقایسه و ماکسیمم: نامساوی هارتک، بیوستگی هولدر جواب‌ها و گرادیان آن‌ها.

معادلات غیرخطی: جواب‌های لزجی، اصل ماکسیمم الکساندروف، تخمین‌های شادر.

مراجع پیشنهادی:

1. Gilbarg, D., Trudinger N. S., Elliptic partial differential equations of second order, Springer 2001.
2. Han, Q., Lin, F., Elliptic partial differential equations, Courant Institute of Mathematical Sciences, 2011.
3. Ambrosetti, A., Arcoya, D., An introduction to nonlinear functional analysis and elliptic problems, Springer 2011.



معادلات تحولی و نیم گروه ها							فارسی	عنوان درس
Evolution Equations and Semigroups							انگلیسی	
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۲	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه		
			نظری عملی	عملی نظری	عملی نظری	نظری عملی	نظری عملی	
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد	

هدف:

ریزمواد درس:

یادآوری تعریف و ویژگی‌های C_0 -نیم گروه‌ها، قضیه هیله-یوشیدا، قضیه لومر-فیلیپس، مولد C_0 -نیم گروه‌ها، نیم گروه‌های دوگان.

انواع عملگرهای دیفرانسیلی که مولد C_0 -نیم گروه‌اند مانند: عملگر لاپلاس با شرایط موزی دیریتله، عملگر لاپلاس با شرایط مرزی نویمان، عملگر ماکسول، عملگر شرودینگر، عملگر موج، نیم گروه‌های تحلیلی و توانهای کسری عملگرهای بسته،

معادله انتقال حرارت، معادله استوکس، مسئله کشی خطی ناهمگن، وجود و یکتاپی جواب برای مسائل کشی خطی، فشرده‌گی عملگر جواب، مسئله کشی غیرخطی، قضیه وجود موضعی یانو، جواب اشباع، برخی کاربردها مانند معادله کلابن-گوردن، مسئله کشی نیمه‌خطی، وجود و یکتاپی جواب برای مسائل کشی نیمه‌خطی، رفتار مجذوبی جواب‌ها، عملگرهای یکنوا، وجود جواب برای معادلات عملگری یکنوا، خانواده تحولی وابسته به زمان و معادلات سهموی، منظم بودن جواب‌های معادلات سهموی

مراجع پیشنهادی:

1. Tanabe, A., *Equations of evolution*, Pitman, London, 1979.
2. Vrabie, I. I., *C_0 -semigroups and applications*, North-Holand, Amsterdam, 2003.
3. Cazenave, T., Haraux, A., *An introduction to semilinear evolution equations*, Oxford University Press, 1998
4. Pazy, A., *Semigroups of Linear operators and applications to partial differential equations*, Springer-Verlag, New York, Berlin, 1983.



		مسائل وارون		فارسی	عنوان درس	
Inverse Problems				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
ابزارهای اساسی در معادلات دیفرانسیل	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			
			حل تمرین: ندارد			

هدف:

ریزمواد درس:

مثال ها (گراوی متری، تبدیل رادن و توموگرافی) خوش تعریف نبودن (مثال هایی در معادله حرارت و مسائل طیفی معکوس) مسائل بیضوی و نگرش کل درون (تعیین پتانسیل ها و رسانایی از طریق اندازه گیری مرزی)، کاربردها در تصویرسازی پزشکی، مسائل طیفی معکوس برای عملکر اشتورم - لیووبل، تعیین ضرائب از طریق داده ای طیف مرزی، مسائل معکوس در مسائل سهمی و معادله موج، معادله هلم هولتز و برآندگی معکوس (تعیین مواد و ناممکنی ها)

مراجع پیشنهادی:

1. Victor Isakov: Inverse Problems for Partial Differential Equations, Applied Math. Sciences, vol. 127, Springer, New York, 1998
2. Otared Kavian: Four lectures on parameter identification in the book Three Courses on Partial Differential Equations, pp. 125{162, IRMA Lect. Math. Theor. Phys., 4, de Gruyter, Berlin, 2003
3. Andreas Kirsch: A. Kirsch: An Introduction to the Mathematical Theory of Inverse Problems, Applied Math. Sciences, vol. 120, Springer, New York, 1996
4. Frank Natterer: The Mathematics of Computerized Tomography, John Wiley & Sons and B.G. Teubner, Stuttgart, 1989



دستگاه های دینامیکی با بعد نامتناهی				فارسی	عنوان درس	
Infinite dimensional dynamical systems				انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
دستگاه های دینامیکی ۱ و ابزارهای اساسی معادلات دیفرانسیل	۴۸	۳	اخباری عملی	تخصصی عملی	اصلی نظری	پایه نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد

هدف:

معرفی ابزارهای اساسی از نظریه دستگاه های دینامیکی با بعد نامتناهی برای بررسی انشعابات بوجود آمده در معادلات دیفرانسیل پاره ای و در ک پدیده های غیر خطی در آن است که به طور گسترده در بررسی مسائل واقعی در فیزیک و علوم طبیعی مانند مسائل هیدرودینامیک، مکانیک سازه، تشکیل الگو، دینامیک جمعیت ظاهر می شوند.

ریز موضوعات درس:

عملگر های بسته روی فضاهای باناخ و نظریه طیفی آنها، صورت های مختلف قصبه متغیر مرکزی در دستگاه های دینامیکی با بعد نامتناهی، بررسی انشعابات موضعی در پدیده های واکنش - انتشار با استفاده از کاهش به منیفلد مرکزی (مدل بروکسلی)، بررسی ناپایداری در سیالات به وسیله کاهش به منیفلد مرکزی (مدل برگز، مدل سویفت- هوهبرگ و مدل رلی- بتارد) مطالعه موج های رونده و وجود جاذب های سراسری برای دستگاه های دینامیکی با بعد نامتناهی (به خصوص معادله ناویه- استوکس)، خواص جاذب های سراسری و دینامیک تحدید شده به آنها

مراجع پیشنهادی:

1. Haragus, Marina and Gerard Ioos. Local bifurcations, center manifolds and normal forms in infinite dimensional dynamical systems. Springer, 2010
2. Kato, Tosio. Perturbation theory for linear operators. Springer, 2012
3. Temam, Roger. Infinite dimensional dynamical systems in mechanics and physics. Springer- Verlag, 2012
4. Ma, Tian, Wang Shoushong, Bifurcation theory and applications, World Scientific, 2005



		تابع خاص		فارسی	عنوان درس	
Special Functions				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
تابع مختلط، معادلات دیفرانسیل عادی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریز مواد درس:

تابع بتا و گاما: انتگرال اوبلر برای تابع گاما، تابع بتا، تابع فاکتوریل، فرمول تکراری لزاندر، قضیه ضربی گاووس، فرمول جمعی اوبلر، رفتار تابع لگاریتم گاما برای ۲ های بزرگ.

تابع فوق هندسی: نمایش انتگرالی، معادله دیفرانسیل فوق هندسی و حل آن. $F(a,b,c,1)$ به عنوان تابعی از پارامترها، مقدار $F(a,b,c,2)$ بیوستگی تابع مرتبط، معادله دیفرانسیل فوق هندسی، جواب لگاریتمی معادله فوق هندسی. عنوان تابعی از پارامترهایش، به کارگیری سریهای مقدماتی، تبدیلات مقدماتی، ارتباط بین تابع $\Gamma(z)$ و $\Gamma(1-z)$ ، تبدیلات مربوطی، قضیه کومر، نتایج مربوط به قضیه کومر.

سری های فوق هندسی تعمیم یافته: تابع pFq ، تابع نمایی و دو جمله‌ای، پیوستگی تابع مربوطه، نمایش انتگرالی pFq ، با آرگومان واحد، قضیه سال شوتز، قضیه ویبل، قضیه دیکسون، انتگرال کانتور برای نوع بارنز.

تابع بسل: تعریف، معادله دیفرانسیل، رابطه بازگشتی دیفرانسیل، روابط بازگشتی، تابع مولد، انتگرال بسل، اندیس یک دوم و صحیح قرد، تابع بسل اصلاح شده.

مقدمه‌ای بر تابع لزاندر، تابع G و برخی خواص مقدماتی آن.

مراجع پیشنهادی:

- [1] Earl. D. Rainville, Special Functions, Macmillan, 1960.
- [2] L.C. Andrews, Special Functions of Mathematics for Engineers, SPIE Press, 1992.
- [3] Gabor Szego, Orthogonal Polynomials, American mathematical society, 1939.
- [4] L.J. Slater, Generalized Hypergeometric Functions, Cambridge University Press; Reissue edition, 2008.



				حساب تغییرات	فارسی	عنوان درس
					انگلیسی	
				نوع واحد		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد				
معادلات دیفرانسیل عادی ^۱	۴۸	۳	اختیاری نظری عملی	شخصی عملی نظری	اصلی نظری عملی	پایه نظری عملی
			نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد	

هدف:

ریزمواد درس:

مثال های کلاسیک با نقاط ابتدایی و انتهایی ثابت، نقاط ابتدایی و انتهایی ثابت برای توابع پیوسته یکنواخت، معادلات اویلر- لاگرانژ و معادلات بوس- ریموند، نظریه راکوبی - هامبلتون، مسائل تغییرات مقید، تبدیل مسائل با مقدار مرزی به مسائل تغییراتی، نگرش تغییراتی به مسئله اشتورم - لیوویل، مسائل کنارهای مرتبط با معادلات دیفرانسیل، روش ریتز، روش تفاضل های محدود، قانون ضرایب لاگرانژ، مسئله ایزومنتری، مسائل تغییرات با یک معادله به عنوان شرط کناره ای، مسئله لزاندر، کاربرد حساب تغییرات در دینامیک و ارتعاشات، الاستیستیت، مکانیک سیالات، آنالیز پایداری و بهینه سازی

مراجع پیشنهادی:

1. Leonid P. Lebedev, the Calculus of Variations and Functional Analysis, World Scientific, 2003
2. I. M. Gelfand and S. V. Fomin, Calculus of Variations, Prentice-Hall, 1963



معادلات هذلولوی				فارسی	عنوان درس						
Hyperbolic Equations				انگلیسی							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد								
معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی		اصلی	پایه		نظری	عملی	نظری
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: دارد							

هدف: آشنایی با معادلات هذلولوی، سیستم های قوانین بقا، و امواج غیرخطی.

سرفصل:

مسئله کوشی، معادلات هذلولوی نیم خطی، معادلات هذلولوی شبه خطی، قوانین بقا اسکالر، سیستم های قوانین بقا، معادلات موج غیرخطی

مراجع پیشنهادی:

1. Evans, Partial Differential Equations. AMS 2010
2. Dafermos, Hyperbolic conservation laws in continuum physics. Springer 2000
3. Lax, Hyperbolic systems of conservation laws and the mathematical theory of shock waves. SIAM 1973
4. Alinhac, Hyperbolic partial differential equations. Springer 2009
5. Sogge, Lectures on nonlinear wave equations. International Press 1995
6. Hörmander, Lectures on nonlinear hyperbolic differential equations. Springer 1997



فارسی فیزیک ۱						عنوان درس			
						انگلیسی			
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد						
آنالیز حقیقی ۱	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی		
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی		
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						پایه			
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: دارد			

هدف: آشنایی با فیزیک کلاسیک و مطالعه معادلات دیفرانسیلی که در آن ظاهر می شوند.

سفرصل:

فرمول بندی لاگرانژی و هامیلتونی از مکانیک کلاسیک . معادلات هامیلتون، معادله اویلر- لاگرانژ، معادله هامیلتون- زاکوبی، حرکت جسم صلب، الکترودینامیک کلاسیک و معادلات ماکسول، معادلات الاستیستیته خطی و غیرخطی، مکانیک شاره ها، معادله اویلر، معادله نوبه - استوکس.

منابع:

1. Evans, Partial Differential Equations. AMS 2010
2. Dafermos, Hyperbolic conservation laws in continuum physics. Springer 2000
3. Temam, Navier-Stokes equations. North-Holland 1979
4. Galdi, An introduction to the mathematical theory of the Navier-Stokes equations. Springer 2011
5. Spivak, Physics for mathematicians—mechanics I. Publish or Perish 2010
6. Ciarlet, Mathematical elasticity. Vol. I. Three-dimensional elasticity. North-Holland 1988



فارسی						عنوان درس	
ریاضی فیزیک ۲						انگلیسی	
Mathematical Physics2							
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
آنالیز حقیقی ۱	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: دارد	

هدف: آشنایی با فیزیک کوانتومی و مطالعه معادلات دیفرانسیلی که در آن ظاهر می شوند.

سرفصل:

اصول مکانیک کوانتومی، اصل عدم قطعیت، نوسان گرها رمونیک، معادله شرودینگر، حل معادله اتم هیدروژن، اسپین، معادله شرودینگر غیرخطی، مکانیک کوانتومی نسبیتی، معادله کلابن-گوردون، معادله دیراک، آشنایی با میدان های کوانتومی، آشنایی با سالیتونها، معادله KdV

منابع:

1. Cazenave, Semilinear Schrödinger equations. AMS, 2003
2. Sulem, Sulem, The nonlinear Schrödinger equation. Springer, 1999
3. Hall, Quantum theory for mathematicians. Springer, 2013
4. Teschl, Mathematical methods in quantum mechanics with applications to Schrödinger operators. AMS, 2014
5. Ablowitz, Clarkson, Solitons, nonlinear evolution equations and inverse scattering. Cambridge University Press, 1991
6. Folland, Quantum field theory. A tourist guide for mathematicians. AMS, 2008



معادلات انتگرال				فارسی	عنوان درس	
				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
معادلات دیفرانسیل عادی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: دارد

هدف:

ریز مواد درس:

معادلات انتگرال با هسته های جدایی بذیر، تبدیل به دستگاه معادلات جبری، فردھلم متناوب، روش تقریبی، روش تقریب های تکراری، معادله انتگرال ولتر، هسته جدول، تئوری فردھلم و قضایای فردھلم، کاربرد معادلات انتگرال در معادلات دیفرانسیل معمولی و معادلات دیفرانسیل با مشتقات نسبی، فرمول های تماش انتگرالی جواب های معادلات لاپلاس و پواسون، روش تابع گرین، معادله هلم- هلتر، هسته های متقارن، خواص مقادیر ویژه و توابع ویژه هسته های متقارن، قضیه هیلبرت - اشمیت، جواب معادلات انتگرال متقارن، روش عملگر در تئوریه معادلات انتگرال، روش رایلی - ریتز در تعیین مقادیر ویژه، معادلات انتگرال منفرد، معادلات انتگرال آبل، معادلات انتگرالی منفرد از نوع کوشی، هسته هیلبرت، معادلات انتگرال منفرد نوع هیلبرت

مراجع پیشنهادی:

1. Rainer Kress, Linear Integral Equations, Springer-Verlag, 2014

2. Kendall E. Atkinson, the Numerical Solution of Integral Equations of the Second Kind, Cambridge university press, 1997



آنالیز مجانبی		فارسی	عنوان درس
Asymptotics Analysis		انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد
توابع مختلط - معادلات دیفرانسیل عادی ۱	۴۸	۳	اختیاری نظری عملی تحصصی عملی نظری اصلی نظری عملی پایه نظری عملی حل تمرین: دارد
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			هدف:

ریز مواد درس:

بسطهای مجانبی: مقدمه و برخی از مفاهیم، تعریف دنباله، سری و بسط مجانبی. روش لاپلاس برای محاسبه انتگرالها: انتگرالگیری جز به جز و لم واتسون، روش لاپلاس، روش سری‌ترین کاهش، روش فاز پایا، انتگرالهای تبدیلی و محاسبه مجانبی آنها.

معادلات دیفرانسیل: تکین‌ها و محاسبه مجانبی جواب، جوابهای مجانبی با پارامتر کوچک و بزرگ (روش WKB)، نقاط برگردان.

روش اختلال منفرد: مفاهیم اولیه و مقدمه‌ای بر روش جورسازی جوابها، روش ضرب مقیاس و لایه‌های مرزی

مراجع پیشنهادی:

1. J. D. Murray, Asymptotics Analysis, Springer, 1984

2. F. W. J. Olver, Asymptotics and special functions, CRC Press, Tylor & Francis, 1997



نظریه اشتورم لیوویل				فارسی	عنوان درس	
Sturm Liouville Theory				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
نظریه معادلات دیفرانسیل-آنالیز تابعی کاربردی	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری	عملی نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریز مواد درس:

عملگر اشتورم-لیوویل بر روی بازه‌های متناهی: رفتار طیف، خواص نوعی ویژه، عملگرهای تبدیلی، قضایای منحصر به فردی، روش گلقاند-لویتان، روش نگاشت طیفی، روش مدل‌های استاندارد، حل موضعی مسالة معکوس، مرسوری بر نظریه مسالة معکوس.

عملگر اشتورم-لیوویل بر روی بازه‌های نیمه نامتناهی: خواص طیف-تابع واپلی، بازیابی معادله دیفرانسیل از تابع واپلی، بازیابی معادله دیفرانسیل از داده‌های طیفی، مسالة معکوس برای معادله موج، توسعی تابع واپلی، دنباله واپلی کاربردهای نظریه مسالة معکوس: حل معادله کورتویج-وریس روی خط حقیقی، معادلات دیفرانسیل با نقاط برگردان.

مراجع پیشنهادی:

1. G. Freiling, V. Yurko, *Inverse Sturm-Liouville Problems and their Applications*, Nova Science Publishers,
2. E. Coddington & N. Levinson, *Theory of Ordinary Differential Equations*, McGraw Hill, 1959
3. A. Kirsch, *An Introduction to the Mathematical Theory of Inverse Problems*, Springer, 1996
4. G.M.L Gladwell, *Inverse problems in Vibrations*, Kluwer Academic Publications, 1986
5. P'oschel J and Trubwitz E; *Inverse Spectral Theory*, Academic Press, 1987



کاربرد گروه لی در معادلات دیفرانسیل				فارسی	عنوان درس		
Application of Lie group to differential equations				انگلیسی			
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
معادلات دیفرانسیل پاره‌ای ۱	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی	اصلی	پایه
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد			

هدف:

آشنایی با گروه‌های لی و کاربرد آنها در حل معادلات دیفرانسیل عادی و پاره‌ای.

ریزمواد درس:

منیفلد و معرفی نمونه‌هایی شناخته شده از آنها، گروه لی و نمونه‌های معروف از آنها، گروه لی تک پارامتری و چند پارامتری از تبدیلات روى منیفلد‌ها، مولد های بی تهابی کوچک، جبر لی، فضاهای جت، امتدادها، آنالیز تقارن لی برای معادلات جبری، آنالیز تقارن لی برای معادلات دیفرانسیل عادی و پاره‌ای، روش‌های غیر کلاسیک در آنالیز تقارن لی برای معادلات دیفرانسیل معمولی و پاره‌ای، امتدادها

مراجع پیشنهادی:

1. Peter J. Olver, Applications of Lie groups to Differential Equations, Springer-Verlag, 1986.
- 2 .George W. Bluman, S. Kumei, Symmetries and Differential Equations, Springer-Verlag, 1989.
- 3- D. J. Arrigo, Symmetry Analysis of Differential Equations, John Wiley & Sons, 2015.
- 4- George W. Bluman and SC Anco, *Symmetry and Integration Methods for Differential Equations*, Springer-Verlag, 2002.
- 5-- George W. Bluman, AF Cheviakov, and SC Anco, *Applications of Symmetry Methods to Partial Differential Equations*, Springer-Verlag, 2010



معادلات دیفرانسیل کسری				فارسی	عنوان درس	
Fractional differential equations				انگلیسی		
دورس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
توابع مختلط (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	عملی نظری	عملی نظری	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد		

هدف:

آشنایی دانشجو با مفاهیم و تعاریف مشتقات کسری و بررسی معادلات دیفرانسیل کسری.

دیزموادرس:

مثال های از کاربردهای محاسبات کسری و ایجاد انگیزه بر این درس، توابع خاص: گاما- میتاگ لفلوو ...

معرفی انتگرال کسری، معرفی مشتقات کسری: گرانوالد، ریمان لیوبول، کاپتو و لاپلاسین کسری، مقدمه ای بر محاسبات کسری، جابجایی مشتقات کسری و انتگرال کسری - فرمول های لایبنتز- تبدیل لاپلاس و فوریه کسری.

معادلات دیفرانسیل کسری : وجود ، متحصر بفردی، و استگی پیوسته به شرایط اولیه، همواری جواب ها و مثال های از معادلات حل شده، مقدمه ای بر حل عددی معادلات دیفرانسیل کسری، مقدمه ای بر معادلات دیفرانسیل جزئی کسری و معرفی نمونه هایی از مدل های واقعی.

مراجع پیشنهادی:

1- A. Kilbas, H. Srivastava and J. Trujillo, Theory and applications of fractional differential equations, Elsevier, 2006

2- K. Diethelm, The analysis of Fractional differential equations, An application-oriented exposition using differentiaol operators of Caputo Type, Springer 2010

3- I. Podlubny, Fractional differential equations, Academic Press, 1999



ابزارهای اساسی در معادلات دیفرانسیل				فارسی	عنوان درس انگلیسی	
Basic tools in Differential Equations						
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
آنالیز حقیقی ۱	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	عملی نظری	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد		

هدف:

ریزمواد درس:

مروزی بر نظریه اندازه و انتگرال گیری، انتگرال یذبری یکنواخت و قضایای همگرایی مربوطه، فضای L^p برای $1 \leq p < \infty$. پیجشن، چگالی توابع هموار، تقریب در فضاهای L^p فضاهای L^p موضعی، فضاهای توزیع، همگرایی و مشتق به معنی توزیع، تبدیل فوریه در $(R^N)^2$. فضاهای شوراتر، و تقریب آن در فضاهای L^p . ایزومنتری پالانچرال، تبدیل فوریه معکوس، همگرایی ضعیف، ضعیف ستاره و دنباله ای در فضاهای سوبولف، آشناشی با فضاهای سوبولف، قضیه لکس-ملگرم، فرمول بندی تغییراتی معادلات دیفرانسیل پارهای، عملگر توسعی، نامساوی های سوبولف، قضایای نشاندن سوبولف، نشاندهای فشرده و قضیه رلیش-کوندراف، نامساوی یوانکاره و نرم‌های هماز، فضای $W^{1,p}_0$ و دوگان آن، نظریه اثر، جواب ضعیف و صورت بندی تغییراتی مسائل مقدار مرزی، منظم‌سازی، اصل ماکزیمم، کاربرد در مسائل تحولی مانند معادله حرارت و معادله موج، فضاهای سوبولف با توان کسری. نتایج منظم‌سازی (داخل و تزدیگ مرز) برای جواب‌های معادلات دیفرانسیل جزئی خطی بیضوی

مراجع پیشنهادی:

- Adams, R. A., and Fournier, J. F., Sobolev spaces, Second ed., Academic press, 2003
- Brezis, H., Functional Analysis, Sobolev spaces, and Partial Differential Equations, Univeritext, Springer-Verlag, Berlin, 2011



مباحث ویژه در معادلات دیفرانسیل						فارسی	عنوان درس انگلیسی
Special Topics in differential Equations						انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد
اجازه گروه	۴۸	۲	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	حل تمرین: با نظر استاد
نیاز به اجرای پروژه عملی: با نظر استاد							

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه تخصصی معادلات دیفرانسیل که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می‌گردد. ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه بایستی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده برسد.

مباحث ویژه در سیستم‌های دینامیکی						فارسی	عنوان درس انگلیسی
Special Topics in Dynamical Systems						انگلیسی	
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد					نوع واحد
اجازه گروه	۴۸	۲	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	حل تمرین: با نظر استاد
نیاز به اجرای پروژه عملی: با نظر استاد							

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه تخصصی سیستم‌های دینامیکی که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می‌گردد. ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه بایستی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده برسد.



ریاضی کاربردی - گرایش ریاضی مالی



فصل اول

مشخصات دوره کارشناسی ارشد گرایش ریاضی مالی



مقدمه

گرایش ریاضی مالی یکی از شاخه‌های علوم ریاضی است که در دهه اخیر رشد بی‌سابقه‌ای یافته است. در این شاخه از علوم ریاضی، هم برای علاقه‌مندان به ریاضیات نظری و هم برای آنان که به کاربردهای ریاضی توجه دارند، دنبایی از پیچیدگی‌ها و مسائل چالش برانگیز وجود دارد. علاوه بر این، بازارهای مالی و مؤسسات مالی همه روزه از نتایج تحقیق محققان در زمینه‌های مالی بهره می‌برند و همواره خواستار نتیجه‌های بهتر، تخمین‌های بهتر و تقریب‌های واقعی‌تر برای پیش‌بینی آینده بازار هستند. به همین دلیل، سرمایه‌گذاری‌های بزرگی نیز برای نتیجه گرفتن از این گونه تحقیقات، در دنیا صورت می‌گیرد که این خود باعث جذب نخبگان، علاقه‌مندان و محققان به این عرصه و پیشرفت سریعتر این شاخه از علوم ریاضی شده است. بنابراین را اندازی دوره کارشناسی ارشد ریاضی مالی گامی رو به جلو برای فراهم کردن زمینه مطالعه و پژوهش دانشجویان علاقه‌مند به ادامه تحصیل در این زمینه رو به رشد از علوم ریاضی و تربیت متخصصانی است که بتوانند نیازهای علمی-پژوهشی-کاربردی را در تهددهای مالی کشور، تأمین کنند. همچنین این اقدام باعث گسترش واگان و مفاهیم علمی و نوشتگات مربوط به این موضوع در میان جامعه علمی کشور و موجب همسویی بسیاری از رشته‌های علمی به منظور تحقیق در این زمینه می‌شود.

تعریف

دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش ریاضی مالی، یکی از دوره‌های آموزشی و پژوهشی در سطح تحصیلات تکمیلی در نظام آموزش عالی کشور است که پس از دوره کارشناسی آغاز و به اعطای مدرک رسمی دانشگاهی در مقطع کارشناسی ارشد در گرایش ریاضی مالی می‌انجامد و از نظر اجرایی تابع ضوابط، مقررات و آیین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است.

اهداف

هدف از ایجاد دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش ریاضی مالی، تربیت افرادی است که در زمینه‌های زیر تبحر داشته باشند:



- پژوهش در مبانی نظری ریاضی مالی؛

- به کارگیری روش‌های احتمالاتی و فرآیندهای تصادفی در تحلیل مسائل مالی؛

- به کارگیری روش‌های عددی در حل مسائل مالی؛

- به کارگیری روش‌های آماری به ویژه تحلیل داده‌ها در حل مسائل مالی؛

- به کارگیری علوم رایانه و روش‌های محاسباتی در حل مسائل مالی؛

- کسب توانایی در زمینه‌های مرتبط با علوم اقتصاد و مدیریت و به کارگیری آموخته‌ها در مشاغل مالی، کار در کارخانه‌ها، مؤسسات سرمایه‌گذاری، بانکها، شرکت‌های بیمه‌ای، بازار سهام و بخش‌های مالی ادارات و سازمانهای دولتی و خصوصی.

ضرورت و اهمیت

با توجه به انواع مبادلات مالی و کالا در دنیای امروز مانند مبادلات نفتی، معاملات مالی از طریق قراردادهای مختلف مانند بیع متقابل، خرید مدت‌دار، خرید ریسک‌دار، سرمایه‌گذاری‌های مدت‌دار و ریسک‌دار، ضرورت اگاهی علمی و دقیق از این مدلها برای مؤسسات مالی دولتی و خصوصی بیش از پیش احساس می‌شود. بر این اساس، اجرای این دوره می‌تواند کمک‌های شایان توجهی به حل مسائل و مشکلات مالی کشور بکند و با تربیت پژوهشگرانی که قادر به انجام پژوهش‌های بنیادی در سطح مرزهای دانش هستند، سطح کیفی و کمی تحلیلی‌های مالی را در کشور ارتقا دهد.

نقش و توانایی

- دانشآموختگان دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش ریاضی مالی می‌توانند:
- به انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در بخش‌های گوناگون ریاضی مالی بپردازند؛
 - از روش‌های عددی برای حل مسائل مالی بهویژه تخمین، تغیریب و پیش‌بینی استفاده کنند؛
 - از روش‌های آماری بهویژه تحلیل داده‌ها برای حل مسائل مالی استفاده کنند؛
 - به عنوان تحلیلگر و پژوهشگر مالی حرفه‌ای در شرکتهای بیمه‌ای، بانک‌ها، بازار سهام، مؤسسات مالی و اعتباری، بخش‌های مالی ادارات دولتی و خصوصی و دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی به فعالیت بپردازند.

کلیات برنامه

عنوان دوره : کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش ریاضی مالی

پیش نیاز ورود : دارا بودن مدرک کارشناسی آمار یا مدرک کارشناسی در یکی از رشته‌های علوم ریاضی.



فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش ریاضی مالی



جدول ۱ - درس های اصلی گرایش ریاضی مالی

دروس پیش‌نیاز یا همتیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	شماره درس
	عملی	نظری	جمع			
نظریه اندازه و احتمال و همتیاز با حساب تصادفی		۴۸	۴۸	۳	ریاضی مالی ۱	۱
نظریه اندازه و احتمال		۴۸	۴۸	۳	حساب تصادفی در مالی	۲

جدول ۲ - دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش ریاضی مالی

دروس پیش نیاز یا هم نیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	شماره درس
	عملی	نظری	جمع			
	۴۸	۴۸	۳		ریاضی مالی ۲	۱
	۴۸	۴۸	۳		روشهای عددی در ریاضی مالی	۲
	۴۸	۴۸	۳		معادلات دیفرانسیل تصادفی در بازارهای مالی	۳
	۴۸	۴۸	۳		نیم مارتینگل‌ها در بازارهای مالی	۴
	۴۸	۴۸	۳		حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی در بازارهای مالی	۵
نظریه اندازه و احتمال	۴۸	۴۸	۳		معادلات دیفرانسیل پارهای در ریاضی مالی	۶
	۴۸	۴۸	۳		روشهای مونت کارلو برای مالی	۷
-	۴۸	۴۸	۳		روشهای اماری برای مالی	۸
-	۴۸	۴۸	۳		ارزیابی و ضدیریت ریسک	۹
	۴۸	۴۸	۳		نظریه سبدمالی تصادفی	۱۰
	۴۸	۴۸	۳		سری‌های زمانی مالی	۱۱
-	۴۸	۴۸	۳		مهندسی مالی	۱۲
	۴۸	۴۸	۳		حسابان ملیون و کازبردهای آن در مالی	۱۳
	۴۸	۴۸	۳		فراایندهای لوی در ریاضی مالی	۱۴
	۴۸	۴۸	۳		ریسک عملیاتی	۱۵
-	۴۸	۴۸	۳		ریاضیات سرمایه‌گذاری	۱۶
	۴۸	۴۸	۳		تحلیل داده‌های با ابعاد بالا	۱۷
دروس حسابان تصادفی در مالی	۴۸	۴۸	۳		کنترل پهیمه در ریاضی مالی	۱۸
اجازه گروه	۴۸	۴۸	۳		مباحت ویژه در ریاضی مالی	۱۹



فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش ریاضی مالی



Mathematical Finance 1			ریاضی مالی ۱
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس الزامی	پیشنباز: نظریه اندازه و احتمال همنیاز: حسابان تصادفی در مالی	۳

هدف:

هدف این درس آشنایی دانشجو با مشتق‌های مالی، مدل‌های قیمت‌گذاری آن‌ها و ریاضیات مورد نیاز برای فهم و توسعه این موضوعات عمده‌تا در یک چارچوب زمان‌گسته است. در این درس دانشجویان با مدل بلک-شوول و مفاهیم پایه‌ی آن نیز آشنایی پیدا می‌کنند.

ریز مواد:

مدل‌های گسته: مروری بر فضاهای احتمال متناهی: تعریف فضای احتمال، متغیر تصادفی، امید ریاضی، امید ریاضی شرطی، مارتینگل، زیر مارتینگل و زبرمارتینگل. قیمت‌گذاری ریسک-خنثی، ارزشگذاری دارایی‌ها با تنزیل جریان‌های نقدی آن‌ها، تعریف فرآیند مارکف و خاصیت مارکف. تغییر اندازه روی فضاهای احتمال متناهی، فرآیند مشتق رادن-نیکودیم، قضیه قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای (CAPM). مشتق‌های مالی، اختیارهای خرید و فروش اروپایی و امریکایی. مشتق‌های امریکایی مستقل از مسیر، زمان‌های توقف، مشتق‌های امریکایی وابسته به مسیر، اجرای بهینه مشتق‌های امریکایی، اختیارهای خرید امریکایی. مدل دوجمله‌ای برای قیمت‌گذاری مشتق‌های مالی، آربیتراز.

مدل‌های پیوسته: مدل بلک-شوول، اندازه‌ی ریسک-خنثی، ارزشگذاری ریسک-خنثی مشتق‌های مالی، ارزشگذاری مشتق‌های مالی با استفاده از سبدهای بازار.

تبصره: این درس با مدل‌های گسته شروع می‌شود که ۷۰٪ مطالب درسی را پوشش می‌دهد. در ۳۰٪ باقی‌مانده درس مدل‌های پیوسته معرفی می‌شوند. پیشنباز بخش دوم حسابان تصادفی در مالی است. زمانی که مطالب درسی به بخش دوم میرسد دانشجویان در درس حسابان تصادفی در مالی ریاضیات مربوط را خوانده‌اند و می‌توانند این بخش را دنبال کنند.

مراجع پیشنهادی:

- Shreve, Steven. *Stochastic calculus for finance I: the binomial asset pricing model*. Springer Science & Business Media, 2012.
- Robert, J. Elliot, and P. Ekkehard Kopp. "Mathematics of financial markets." (2005): 217-221.
- Van der Hoek, John, and Robert J. Elliott. *Binomial models in Finance*. Springer Science & Business Media, 2006.
- Björk, Tomas. *Arbitrage theory in continuous time*. Oxford university press, third edition, 2009.



حسابان تصادفی در مالی

Stochastic Calculus For Finance

تعداد واحد	پیشنباز (همتیاز)	از جدول	حل تمرین(ساعت)
۳	نظریه اندازه و احتمال	دروس الزامی	۲۴ ساعت

هدف :

هدف این درس اشنایی دانشجو با حسابان تصادفی و کاربرد در مالی، شامل حرکت براونی، انتگرال تصادفی ایتو و معادلات دیفرانسیل تصادفی است.

ریز مواد :

حرکت براونی، تعریف و ساختن آن، بیان بیوستگی و مشتق بدیری آن، مسیر های حرکت براونی، ویژگی مارتینگلی، مارکفی، و مارکفی قوی آن، تغیرات مرتبه دوم مسیرهای حرکت براونی، تبدیل ها روی حرکت براونی، تعریف انتگرال ویبر و خواص آن، انتگرال ایتو (با شروع از فرایند های مقدماتی و (..... ایزومتری ایتو، ویژگی مارتینگلی انتگرال ایتو، بیوستگی برگردان انتگرال ایتو، انتگرال ایتو به عنوان مارتینگل موضعی، فرمول ایتو یک بعدی، فرمول ایتو ی چند بعدی و کاربرد آن) محاسبه انتگرال تصادفی، انتگرال آسترا تو توابع، قضیه لوى و مشخص سازی مارتینگل ها با مسیر بیوسته، فرایند های نمایی و تبدیل اندازه های احتمال، قضیه گیرسانف)، اولین زمان گذر حرکت براونی و توزیع های آن، قضیه نمایش مادر تینگلی و کاربرد آن در ریاضیات مالی، معادلات دیفرانسیل تصادفی، حل برخی از نمونه ساده، قضیه وجود ویگانگی قوی و ضعیف با شرایط لیپشیتز، کاربرد های مالی آن از جمله فرمول بلک شولتز، مرتون

مراجع پیشنهادی:

1. Kuo, Hui-Hsiung, *Introduction to Stochastic Integration*, Universitext Series, Springer-Verlag, Berlin, 2006.
2. Jeanblanc, M., Yor, M. and Chesney, M., *Mathematical Methods for Financial Markets*, Springer, 2002.
3. Oksendal, B., *Stochastic Differential Equations, An Introduction with Applications*, 6th ed., Universitext Series, Springer-Verlag, Berlin, 2003.
4. Shreve, Steven. *Stochastic calculus for finance II: the binomial asset pricing model*. Springer Science & Business Media, 2012.
5. Schilling, Rene, L., and Partzsch, L., *Brownian Motion, An Introduction to Stochastic Processes*, Walter de Gruyter, 2nd ed., Berlin/Boston, 2014.



Mathematical Finance 2			ریاضی مالی ۲
تعداد واحد	پیش‌نیاز (همنیاز)	از جدول	حل تمرین(ساعت)
۲	ریاضی مالی ۱ حسابان تصادفی در مالی	دروس انتخابی	۲۴ ساعت

هدف:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با موضوعات پیشرفته مالی مانند اندازه ریسک- خوش، قضایای اساسی قیمت‌گذاری دارایی‌ها، مدل‌های ساختار زمانی نرخ‌های بهره، قیمت‌گذاری مشتق‌های مالی امریکایی و ریاضیات مربوط به آن هاست.

ریز مواد:

نگاهی دیگر به معادله بلک- شولز- مرتون، حل معادله بلک- شولز- مرتون، حروف یونانی، اندازه ریسک- خوش؛ دینامیک قیمت سهم، قیمت‌گذاری مشتق‌های مالی، قضایای اساسی قیمت‌گذاری دارایی‌ها، مدل بازار چندبعدی، سهام با سود پرداختی؛ پرداخت پیوسته، پرداخت یک‌جا، معادلات دیفرانسیل تصادفی و معادلات دیفرانسیل پاره‌ای؛ قضیه فینمن- کتس، مشتق‌های مالی امریکایی، زمان‌های توقف، تغییر واحد بول، مدل‌های ساختار زمانی نرخ‌های بهره، مدل‌های ساختار زمانی قیمت آلتی نفت، قیمت اوراق قرضه، مدل HJM، مدل CIR.

مراجع پیشنهادی:

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



Numerical Methods in Financial Mathematics

تعداد واحد	پیش‌نیاز (همتیاز)	از جدول	حل تمرین (ساعت)
۳	نظریه اندازه و احتمال	دروس الزامی	۲۴ ساعت

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجو با اصول کلی روش‌های عددی مورد نیاز جهت حل مسائل مالی بخصوص در قیمت‌گذاری ابزارهای مشتقه مالی است.

ریز مواد:

- مروری بر مفاهیم پایه‌ای آنالیز عددی شامل بررسی انواع خطاهای، پخش خطأ، عدد حالت مساله، پایداری، مرتبه همگرایی و پیچیدگی محاسباتی الگوریتم‌ها
- مروری بر روش‌های حل دستگاه‌های خطی، روش‌های درونیابی و تقریب، حل دستگاه‌های غیر خطی، انتگرال‌گیری عددی و معادلات دیفرانسیل معمولی
- معرفی و دسته‌بندی انواع معادلات دیفرانسیل پاره‌ای (بیضوی، سهموی و هذلولوی)
- مقدمه‌ای بر حسابان تصادفی و معرفی کلیات روش بلک-شولز-مرتون برای قیمت‌گذاری اختیار معامله تبدیل معادله بلک-شولز به معادله گرما و معرفی خصوصیات تحلیلی معادله گرما
- معرفی روش تقاضلات متناهی برای معادلات دیفرانسیل پاره‌ای (روش صریح-روش کاملاً ضمنی-روش کرانک-نیکلسون)
- معرفی روش‌های قیمت‌گذاری اختیار معامله آمریکایی (فرموله‌بندی تغییراتی و صرز آزاد مساله)
- معرفی سایر روش‌های عددی برای حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای (روش اجزا محدود، روش‌های طیفی، روش‌های بدون شبکه)
- معرفی روش درخت دوجمله‌ای و سه‌جمله‌ای برای قیمت‌گذاری مشتقات مالی
- معرفی روش مونت-کارلو برای قیمت‌گذاری مشتقات مالی

مراجع پیشنهادی:

1. P. Brandimarte, Numerical Methods in Finance and Economics, A MATLAB-Based Introduction, John Wiley & Sons, 2nd edition, 2006.
2. J. Stoer, R. Bulirsch, Introduction to Numerical Analysis, Springer, 2nd edition, 1993.
3. P. Wilmott, S. Howison and J. Dewynne, The Mathematics of Financial Derivatives, Cambridge University Press, 1998.
4. Y. K. Kwok, Mathematical Models of Financial Derivatives, Springer Finance, 1998.



معادلات دیفرانسیل تصادفی در بازارهای عالی

Stochastic Differential Equation for Financial Market

تعداد واحد	پیشنهاد (همنیاز)	از جدول	حل تمرین(ساعت)
۲	حسابان تصادفی	دروس اختیاری	۲۴ ساعت

هدف: هدف این درس تدریس معادلات دیفرانسیل تصادفی و کاربرد آن در بازارهای مالی است.

ریز مواد:

دوره ای از حرکت براووتی، انگرال ایتو و فرمول ایتو، قضیه نمایش مارتینگل ها و کاربرد آن در بازارهای مالی، معادلات دیفرانسیل، وجود ویگانگی قوی و ضعیف معادلات یا شرایط لیپشیتز، خاصیت قوی و ضعیف مارکف، مولد یخش ایتو، فرمول دیکین، معادلات پسرو و پیشرو کلموگراف، فرمول فیعن کتر چند بعدی، کاربرد های آن در بازارهای مالی، تغییر اندازه قضیه گیرسانف و کاربرد های آن در بازارهای مالی، مسائل شرایط مرزی، مسائل دریکله و پواسن و کاربرد های آن در بازارهای مالی

مراجع پیشنهادی:

- Chung, K. L. and J. Williams, *Introduction to Stochastic Integration*, 2nd edition, Birkhauser, 2014.
- Cohen, S. N. and Elliott, R. J., *Stochastic Calculus and Applications*, Springer, 2015.
- Jeanblanc, M., Yor, M. and Chesney, M., *Mathematical Methods for Financial Markets*, Springer, 2002.
- Oksendal, B., *Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications*, 6th edition, Springer, 2003.
- Shreve, Steven. *Stochastic calculus for finance II: the binomial asset pricing model*. Springer Science & Business Media, 2012.



نیم مارتینگل ها در بازارهای مالی

Semi Martingale for Financial Markets

تعداد واحد	پیشنبیاز (همنیاز)	از جدول	حل تمرین(ساعت)
۳	حسابان تصادفی	دروس اختیاری	۲۴ ساعت

هدف:

هدف این درس معرفی نظریه عمومی فرایند های تصادفی و کاربرد آن در بازارهای مالی است.

ریز مواد:

معرفی نیم مارتینگل ، فرایند های صعودی ، مارتینگل با پارامتر پیوسته، تجزیه دوب میر، فرایند تغیرات مجدوری ، فرایند جبران کننده، فرایند جیش های خالص ، زمان های توقف ، اختباری ، پیشنبیاز پذیر، انگرال دولن، انگرال تصادفی ایتو نسبت به نیم مارتینگل ها، فرمول ایتو ، تعریف انگرال تصادفی ، فرمول ایتو ، معرفی فرایند لوى ، حرکت براونی ، قضیه وجود ویگانگی معادلات دیفرانسیل تصادفی نسبت به زیر مارتینگل ، قضیه دادلی ، خاصیت نمایش پیشنبیاز پذیر، معادلات دیفرانسیل تصادفی پسرو ، کاربرد در ریاضیات مالی، توسعی پالایش در ریاضیات مالی و بازارهای مالی

مراجع پیشنهادی:

- Chung, K. L. and J. Williams, *Introduction to Stochastic Integration*, 2th ed. Birkhauser, 2014.
- Cohen, S. N. and Elliott, R. J., *Stochastic Calculus and Applications*, Springer, 2015.
- Jeanblanc, M., Yor, M. and Chesney, M., *Mathematical Methods for Financial Markets*, Springer, 2002.
- Métivier, M., *Semimartingales, A Course on Stochastic Processes*, Walter de Gruyter, 1982.
- Protter, P., *Stochastic Integration and Differential Equations*, 3rd ed. Springer, 2004.



حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی در بازارهای مالی

Numerical Solutions of Stochastic DE for Financial Markets

تعداد واحد	پیش‌نیاز (همتیاز)	از جدول	حل تمرین (ساعت)
۲	حسابات تصادفی در مالی	دروس اختیاری	۲۴ ساعت

هدف: هدف از این درس، آشنایی دانشجویان با مهمترین معادلات دیفرانسیل تصادفی مطرح در ریاضیات مالی و همچنین روش‌های گسته‌سازی عددی این معادلات است.

سرفصل:

- (۱) نقش معادلات دیفرانسیل تصادفی در قیمت‌گذاری و پوشش ریسک ابزارهای مالی
- (۲) مروری بر خواص حرکت برآونی، فرایند پواسون و فرایند پواسون مرکب و روش‌های شبیه‌سازی آنها
- (۳) مروری بر حسابات تصادفی ایتو (انتگرال تصادفی، فرمول ایتو، انتگرال استراتونوویج)
- (۴) بررسی خواص جواب یک معادلات دیفرانسیل تصادفی با نویز گاووسی و نویز پواسونی
- (۵) معرفی بسط تیلور-ایتو تصادفی و بدست آوردن روش اوبل-ماروباما و روش مبلشتاین
- (۶) بررسی مفهوم مرتبه همگرایی قوی و ضعیف
- (۷) معرفی خانواده روش‌های رونگه-کوتا تصادفی
- (۸) معرفی خانواده روش‌های چند-گامی تصادفی
- (۹) معرفی مفهوم پابداری تصادفی و انواع آن (پابداری مبانگین مربعات، پابداری مجانی، پابداری نمائی)
- (۱۰) گسته‌سازی معادله اورنستین-اولنک و کاربرد آن در مدل‌سازی نرخ بهره تصادفی
- (۱۱) گسته‌سازی دستگاه معادلات تصادفی مدل هستون و کاربرد آن در قیمت‌گذاری اختیار معامله

منابع

1. Kloeden, P. E. & Platen, E. (1999). *Numerical Solution of Stochastic Differential Equations*, Vol. 23 of *Appl. Math.*, Springer. Third printing.
2. Kloeden, P. E., Platen, E. & Schurz, H. (2003). *Numerical Solution of SDEs Through Computer Experiments*, Springer. Third corrected printing.
3. Platen, E. & Bruti-Liberati, N. (2010). *Numerical Solution of Stochastic Differential Equations with Jumps in Finance*, Springer.



معادلات دیفرانسیل پاره‌ای در ریاضی مالی			
PDEs in Mathematical Finance			
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنهاد (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	نظریه اندازه و احتمال	۳

هدف: هدف این درس تدریس معادلات دیفرانسیل پاره‌ای و کاربرد آن در بازارهای مالی است.

ریز مواد:

مقدمه‌ای بر معادلات دیفرانسیل پاره‌ای که در ریاضیات مالی ظاهر شوند، معادلات سهمی خطي و رابطه آن با معادلات دیفرانسیل تصادفی، معادلات دیفرانسیل پاره‌ای مرتبه یک، معادله دیفرانسیل تصادفی به عنوان حد زنجیره‌های مارکف، رابطه بین معادلات دیفرانسیل پاره‌ای و فرایند تشخیص شرایط مرزی، مقدمه‌ای بر کنترل بهینه تصادفی، معادله میلتون-زاکوی، حل مسئله مرز آزاد (چسبندگی)

مرجع پیشنهادی:

- Basov, S., Partial Differential Equation in Economics and Finance, Nora Science, 2007.



Monte Carlo Methods for Finance			روش‌های مونت کارلو برای مالی
حل تمرین (ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس انتخابی	حسابان تصادفی (همنیاز)	۳

هدف: در این درس دانشجویان با اصول اولیه مونت کارلو و تکنیک‌های مورد استفاده در آن، شبه مونت کارلو و کاربردهای این روش‌ها در قیمت‌گذاری اختیاراتی معامله و مدیریت ریسک آشنا می‌شوند.

ریز مواد

اصول اولیه مونت کارلو و قیمت‌گذاری مشتق‌های مالی، تولید اعداد و متغیرهای تصادفی، تولید مسیرهای نمونه، تکنیک‌های کاهش واریانس، شبه مونت کارلو، روش‌های گسترش‌سازی، برآورد حساسیت، کاربردهای مونت کارلو در مدیریت ریسک

مرجع پیشنهادی:

- 1- Glasserman, Paul. *Monte Carlo methods in financial engineering*. Vol. 53. Springer Science & Business Media, 2003.



Statistical Methods for Finance			روش‌های آماری برای مالی
حل تمرین‌ها (ساعت)	از جدول	پیش‌نیاز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	-	۳

هدف: در این دانشجویان با برخی مدل‌ها و روش‌های آماری مهم و چگونگی کاربرد آنها در ریاضی مالی آشنا می‌شوند.

ریز مواد:

مژوری بر بردارهای تصادفی، توزیع‌های توان، ماتریس واریانس و خواص آن، توزیع نرمال چند متغیره و خواص آن، مدل‌های آماری و استباط آماری، براورد درستنمایی ماکریصم و خواص آن، محاسبات بیزی، مقدمه‌ای بر مدل‌های خطی

مراجع پیشنهادی:

- 1- Abramovich F. and Y. Ritov, *Statistical Theory: A Concise Introduction*, CRC Press, 2013.
- 2- Casella G. and R. Berger., *Statistical Inference*, 2nd Edition, Brooks Cole, 2001.
- 3- Westfall P. and Kevin S. S. Henning, *Understanding Advanced Statistical Methods*, CRC Press, 2013.
- 4- Wood S., *Core Statistics*, Cambridge University Press, 2014.



Risk Valuation and Management			ارزیابی و مدیریت ریسک
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	-	۳

هدف: در این درس دانشجویان با انواع ریسک و سچه های آن آشنا می شوند و تفاوت انواع مختلف ریسک را از نظر داده های موجود برای اندازه گیری و توزیع ضرر ناشی از آن ها می بینند.

ریز مواد:

ریسک نرخ بهره، ارزش در معرض ریسک (VaR)، تلاطم، همبستگی و کاپولا، پیمان های پازل، RVaR بازار: رویکرد شبیه سازی تاریخی و رویکرد مدل سازی، ریسک اعتباری: برآورده احتمال نکول و VaR اعتباری، تحلیل سناریو و آزمون استرس، ریسک عملیاتی، ریسک نقدشوندگی، ریسک مدل، سرمایه اقتصادی و RAROC، اشتباهاتی که در مدیریت ریسک باید از آن ها اجتناب کرد.

مراجع پیشنهادی:

- 1- Hull, John. *Risk Management and Financial Institution*. Prentice Hall, 3rd edition, 2012.



Stochastic Portfolio Theory			نظریه سبدمالی تصادفی
تعداد واحد	پیشنباز (همتیاز)	از جدول	حل تمرین(ساعت)
۳	حسابان تصادفی و ریاضیات مالی	دروس اختیاری	۲۴ ساعت

هدف: این درس ارتقا یافته درس نظریه سبدمالی کلاسیک مارکوویتز است. زیربنای این درس نظریه آربیتراز است و دانشجویان علاوه بر این که سبدمالی را با این دید می بینند با جنبه های عملی تشکیل سید، از جمله رتبه بندی و خوشبندی دارایی ها بر مبنای سهم بازار آن ها نیز آشنایی شوند.

ریز مواد

نظریه سبدمالی تصادفی، تنوع بازار سهام، توابع مولد سبدمالی، توابع وزن های بازار رتبه بندی شده، مدل های مانا برای توزیع سرمایه، رفتار سبدهای مالی تولید شده با توابع، کاربردهای نظریه سبدمالی تصادفی

مراجع پیشنهادی

- 1- Fernholz, E. R. "Stochastic Portfolio Theory: Stochastic Modeling and Applied Probability." *Applications of Mathematics (New York)* 48 (2002).



Financial Time Series			سریهای زمانی مالی
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنهاد (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	-	۳

هدف: در این دانشجویان با سری‌های زمانی مالی و چگونگی تحلیل و استنباط آماری آن‌ها آشنا می‌شوند.

ریز مواد

اهداف تحلیل سری‌های زمانی، مثال‌هایی از داده‌های سری‌زمانی مالی، مشخصه‌های سری‌های زمانی مالی، مروری بر تعریف روند و مولفه فصلی و دوش‌های برآورد و حذف آن‌ها، مروری بر مدل‌های ایستا (تعریف فرایند ایستا، تابع میانگین، تابع خودکواریانس و تابع خودهمبستگی)، 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 کوتاه بر تحلیل داده‌های با فراوانی بالا.

مراجع پیشنهادی:

- 1- Francq, C. and Zakoian, J., *GARCH Models*, Wiley, 2010.
- 2- Gourioux, C., *ARCH Models and Financial Applications*, Springer, 1997
- 3- Tsay, R., S., *Analysis of Financial Time Series*, 3rd, Wiley, 2010.
- 4- Xekalaki, E. and Degiannakis, S., *ARCH Models for Financial Applications*, Wiley, 2010.
- 5- Zivot, E. and J. Wang, *Modeling Financial Time Series with S-PLUS*, Springer, 2006



Financial Engineering			مهندسی مالی
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس انتخابی	-	۳

هدف: در این دانشجویان با قراردادهای آتی، آتی ویره و اختیارهای معامله، ساز و کار بازارهای این مشتقهای مالی، قیمت‌گذاری این اوراق، استراتژی‌های معاملاتی که شامل این قراردادها هستند، و بالاخره استراتژی‌های پوشش ریسک آن‌ها آشنائی شوند.

ریز مواد

ساز و کار بازارهای آتی، استراتژی‌های پوشش ریسک با استفاده از قراردادهای آتی، ساز و کار بازارهای اختیارهای معامله، استراتژی‌های شامل اختیارهای معامله، خواص اختیارهای معامله سهام، درخت دو جمله‌ای و مدل بلک-شوولز-مرتون برای قیمت‌گذاری اختیارها، اختیارهای معامله روی شاخص‌های سهام و ارزها، اختیارهای معامله روی قراردادهای آتی، حروف یونانی، اختیارهای نامتعارف.

مراجع پیشنهادی

- 1- Hull, John. *Options, futures and other derivatives*. Pearson Education Limited, eighth edition, 2012.



Malliavin Calculus and its Applications in Finance			حسابان ملیون و کاربردهای آن در مالی
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنهاد (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	حسابان تصادفی	۳

هدف: در این درس دانشجویان با حسابان ملیون و کاربردهای آن در حل عددی ضعیف معادلات دیفرانسیل تصادفی و مالی آشنا می شوند.

ریز مواد:

فضای احتمال گاوسی، چندجمله‌ای هرمیت، نیم گروه اورنستاین-اولنیک، حرکت براونی، بسط آشوب وینر، عملگرمشتق، انتگرال جزء به جزء، عملگردیورزانس و انتگرال تصادفی، فضای سوبولوف گاوسی، نظم و تقریب چگالی متغیرهای تصادفی، فرمول صریح برای چگالی، وجود و همواری چگالی، کاربرد حسابان ملیون در حل عددی ضعیف معادلات دیفرانسیل تصادفی، کاربرد در مالی.

مرجع پیشنهادی:

- 1- Kohatsu-Higa, Arturo, and Miquel Montero. *Malliavin Calculus in Finance*. Birkhäuser Boston, 2004.



Mathematical Finance in Levy Processes			فرایندهای لوی در ریاضی مالی
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشناز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	حسابان تصادفی	۳

هدف: در این دانشجویان با فرایندهای لوی و خواص و ساختار آن‌ها آشنا می‌شوند و کاربردهای آن‌ها را در ریاضی مالی می‌بینند.

ریز مواد:

توزیع‌های بی‌نهایت تقسیم‌پذیر و خواص آن، نمایش لوی-خینچین توزیع‌های بی‌نهایت تقسیم‌پذیر، فرایندهای با نمودهای مستقل و مانا، تعریف فرایندهای لوی، حرکت بروانی، فرایند پواسون ترکیبی، فرایندهای گاما، اندازه تصادفی پواسون و خواص آن، نمایش لوی-خینچین فرایندهای لوی، فرایندهای تبعی و خواص آنها، اولين زمان گذر در فرایندهای لوی، کاربرد فرایندهای لوی در ریاضی مالی.

مراجع پیشنهادی:

- 1- Applebaum D., *Levy Processes and Stochastic Calculus*, Cambridge University Press, 2009
- 2- Bertoin, J., *Levy Processes*. Cambridge University Press, 1996.
- 3- Cont R. and P. Tankov, *Financial Modeling with Jump Processes*. Chapman & Hall/CRC, 2004.
- 4- Kyprianou, A. *Fluctuations of Levy Processes*. 2nd edition, Springer, 2014.
- 5- Protter, P., *Stochastic Integration and Differential Equations*, 2nd ed. Springer, 2004.
- 6- Sato, K., *Levy Processes and Infinitely Divisible Distributions*, 2nd edition, Cambridge University Press, 2014.



Operational Risk			ریسک عملیاتی
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختیاری	ارزیابی و مدیریت ریسک	۳

هدف: در این درس دانشجویان با ریسک عملیاتی، مدل سازی های مرتبط، مدیریت و روش محاسبه سرمایه لازم برای پوشش این ریسک آشنا می شوند.

ریز مواد:

مدل سازی پایگاه داده ها، مدل سازی تصادفی، مدل های علت و معلوی (اقتصاد سنجی)، مدیریت ریسک عملیاتی، پوشش ریسک عملیاتی، سرمایه قانونی ریسک عملیاتی

مراجع پیشنهادی:

- 1- Cruz, Marcelo G. *Modeling, measuring and hedging operational risk*. Chichester: Wiley, 2002.
- 2- Gregoriou, Greg N. *Operational Risk toward Basel III: Best Practices and Issues in Modeling, Management, and Regulation*. Vol. 481. John Wiley & Sons, 2009.



Mathematics of Investments			ریاضیات سرمایه‌گذاری
حل تمرین(ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروس اختباری	-	۳

هدف:

ریز موارد:

تابع تجمعی، بهره ساده، بهره مرکب، ارزش فعلی و تنزیل، نرخ بهره اسمی، شدت بهره، معادله ارزش، نرخ بازدهی با وزن زمانی، انواع مستمری ها، زمان نامعلوم نرخ بهره نامعلوم، مستمری های بیوسته، مستمری های متغیر، استهلاک وام، جدول استهلاک وام، وجوده استهلاکی، نرخ بازدهی سرمایه، قیمت گذاری سهام، ارزش دفتری، جدول استهلاک سهام، و ...

مراجع پیشنهادی:

1. Broverman, S. A. (2010), Mathematics of Investment and Credit, 5th Edition, ACTEX Academic Series.
2. Kellison, S.G., 2009, "the theory of interest", Third Edition, Irwin/McGraw-Hill.



High-dimensional Data Analysis			تحلیل داده‌های با ابعاد بالا
حل تمرین (ساعت)	از جدول	پیشنباز (همنیاز)	تعداد واحد
۲۴ ساعت	دروش اختیاری	روشهای آماری برای مالی	۳

هدف: در این دانشجویان با تکنیک‌های مدل‌سازی و تحلیل داده‌های با ابعاد بالا و کاربرد آن برای داده‌های مالی آشنا می‌شوند.

ریز مواد

مروری بر رگرسیون و مدل‌های خطی، مدل‌های خطی تعمیم یافته، تحلیل مولفه‌های اصلی، لasso و مدل‌های خطی، لasso و مدل‌های خطی تعمیم یافته، مروری بر مدل‌های گرافیکی.

مراجع پیشنهادی:

- 1- Buhlmann P. and S. van de Geer, *Statistics for High-Dimensional Data. Methods, Theory and Applications*, Springer 2011.
- 2- Giraud C., *Introduction to High-Dimensional Statistics*, CRC Press, 2014.
- 3- James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R., *An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R*, Springer, 2013.
- 4- Koch I., *Analysis of Multivariate and High-Dimensional Data*, Cambridge University Press, 2014.



کنترل بهینه در ریاضی مالی

Stochastic optimal control

تعداد واحد	پیشنهاد (همتیاز)	از جدول	حل تمرین (ساعت)
۲	حسابان تصادفی در مالی	دروس اختیاری	۲۴ ساعت

هدف: در این درس دانشجویان با مفهوم بهینه سازی تصادفی زمان پیوسته، روش‌های حل آن، فروش بهینه یک دارایی و انتخاب بهینه یک سبد سرمایه‌گذاری آشنای شوند.

ریز مواد: مروری بر کنترل بهینه قطعی شامل اصل ماکسیمم پاتریاگین و روش برنامه ریزی پویا ، کنترل بهینه برای فرایند های پخش، معادله برنامه ریزی پویا برای فرایندهای پخش کنترلی، قضیه بررسی، جواب های ویسکاستی برای معادلات HJB، انتخاب بهینه سبد سرمایه در بازار مالی، توقف بهینه، کاربرد زمان توقف بهینه در اختیار فروش امریکایی، سویچ بهینه و کاربرد آن در مسایلی با شرایط اقتصادی متفاوت.

مراجع پیشنهادی:

1. Pham, H., *Continuous time stochastic control and optimization with financial applications*. Springer, 2009.
2. Dana, R.A., Jeanblanc, M. *Financial markets in continuous time*. Springer, 2007.
3. Fleming, W., Rishel, R. *Deterministic and stochastic optimal control*. Springer, 1975.



مباحث ویژه در ریاضی مالی				فارسی	عنوان درس	
Special topics in Financial Math				انگلیسی		
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد		نوع واحد		
اجازه گروه	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه
			نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: با نظر استاد						

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه تخصصی ریاضی مالی که بر حسب امکانات و نیاز برای اولین بار ارائه می‌گردد. ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه پایستی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشگاه برسد.





جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی

تغییر عنوان

دوره: کارشناسی

رشته: مهندسی دریانوردی

گروه: میان رشته‌ای

کمیته تخصصی علوم و فنون دریا

/c.

5/c)

برنامه درسی

کمیسیون برنامه ریزی آموزشی، عنوان درسی از مهندسی دریا - دریانوردی به مهندسی دریانوردی تغییر یافت

با توجه به مصوبه جلسه صورخ

فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی



دستگاه های دینامیکی ۱				فارسی	عنوان درس	
Dynamical Systems 1				انگلیسی		
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری عملی	تخصصی نظری	اصلی عملی	پایه نظری
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد

هدف:

ریز مواد

دستگاه های خطی و پایداری خطی شده: هندسه جربان ها، معادل بودن جربان ها، زیر فضاهای پایدار، ناپایدار و مرکزی، پایداری نقاط تعادل قضیه هارتمن گرابمن، پایداری و دامنه جاذبه: توابع لیاپانف، اصل پایابی لاسال، دامنه جاذبه نقطه تعادل، قضایای منیفلد پایدار و ناپایدار، دستگاه های هامیلتونی و گرادیانتی در صفحه انشعابات مقدماتی، انشعاب گره زینی، چنگال، تبادل پایداری، هیستریسیس و گوشه. انشعابات دستگاه های خطی، انشعابات در دستگاه های گرادیانتی و هامیلتونی. شکافت انشعابات در دستگاه های خطی. پایداری ساختاری، قضیه پیکشت، دسته بندی نقاط تعادل در صفحه، قطاع های هذلولوی، سهموی و بیضوی. انشعابات در دستگاه های با بعد ۲. قضایای منیفلد مرکزی در دستگاه های وابسته به پارامتر، قضیه فرم نرمال بیرکهف. انشعاب پوانکاره-آندرونوف-هاپف. وجود و عدم وجود سیکل های حدی: قضیه پوانکاره بندیکسون در صفحه، شرط بندیکسون و دولک. نظریه اندیس. پایداری و انشعابات موضعی سیکل های حدی.

مراجع پیشنهادی:

1. Hale, J., Kocak, H., *Dynamics and Bifurcations*, Springer-Verlag, New York, 1991
2. Perko, L., *Differential Equations and Dynamical systems*, 3rd edition, Springer-Verlag, 2001
3. Hirsch, M. W., Smale, S., Devaney, R. L. *Differential equations, Dynamical Systems and an introduction to Chaos*, Second edition, Elsevier, Academic Press, 2004
4. Guckenheimer, J.; Holmes, P, *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields*, Springer-Verlag, New York, 1988
5. Wiggins, S.; *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*, Springer-Verlag, New York, 1990



		معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱		فارسی	عنوان درس
Partial Differential Equations 1				انگلیسی	
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد		
معادلات دیفرانسیل با مشتقهای جزئی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی
			نظری عملی	عملی نظری	نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					حل تمرین: ندارد

هدف:

ریزمواد درس:

مدل های فیزیکی برای معادلات (معادلات از کجا می آیند؟)

بیچش و تنظیم در فضاهای L^p , دنباله های تنظیم کننده، فضای توابع تعیین یافته، تابع دلتای دیراک، جواب اساسی معادلات، تماش جواب ها برای معادلات با استفاده از جواب اساسی، تابع گوین برای مسایل مرزی دیریکله، معادلات مرتبه دوم شامل معادله گرما و انتشار، معادله موج، معادله لاپلاس و پواسون، روش های حل شامل جداسازی متغیرها، تابع و مقدار و بیزه، روش های انرژی و اصل ماکزیمم، معادلات خطی و غیرخطی مرتبه اول، روش منحنی مشخصه، جواب های ضعیف و امواج شوک، مساله ریمان، تبدیل فوریه و لاپلاس.

مراجع پیشنهادی:

1. L. C. Evans, *Partial Differential Equations*, Graduate Studies in Mathematics, 19. American Mathematical Society, 1998
2. W. Strauss, *Partial Differential Equations: An Introduction*, 2nd Edition, John Wiley and Sons. New York, 2008
3. J. Jost, *Partial Differential Equations*, 2nd edition. Graduate Texts in Mathematics 214. Springer, New York, 2007.
4. S. Salsa, *Partial Differential Equations in Action, from modeling to theory*, Springer-Verlag Italia, Milano, 2008.



معادلات دیفرانسیل عادی ۱				فارسی	عنوان درس			
Ordinary Differential Equations 1				انگلیسی				
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد					
نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی	
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			حل تمرین: ندارد					

هدف:

ریزمواد:

دستگاه‌های معادلات خطی با ضرایب ثابت: دستگاه‌های خطی جفت‌نشده، قطری‌سازی، توان‌های عملگرها، قضیه اساسی حل دستگاه‌های خطی، دستگاه‌های خطی در صفحه، بادآوری فرم‌های ژردان، محاسبه نمای عملگری، پایداری دستگاه‌های خطی.

دستگاه‌های معادلات خطی با ضرایب متغیر: ماتریس اساسی، قضیه وجود و یکتایی، دستگاه معادلات همگن، الحاقی دستگاه معادلات خطی همگن، دستگاه معادلات خطی ناهمگن.

قضیه‌های وجود و یکتایی: وجود و یکتایی با شرط لیپاشیتز، وجود با شرط پیوستگی و قضیه بنانو، ادامه جواب بازه ماقسیمال وجود، جواب‌های سرتاسری، جریان وابسته به یک معادله دیفرانسیل، وابستگی پیوسته نسبت به شرایط اولیه، وابستگی مشتق پذیر نسبت به شرایط اولیه، خطی‌سازی.

دستگاه‌های خودگردان: ویژگی‌های کلی جواب‌های دستگاه‌های خودگردان، مجموعه می‌نیمال وابسته به یک معادله دیفرانسیل، جواب‌های تناوبی، سیکل‌های حدی، رفتار جواب‌ها نزدیک نقطه تعادل

نظریه پایداری: پایداری، پایداری مجذوبی، دامنه جذب، پایداری دستگاه‌های خطی، اختلال و پایداری دستگاه‌های غیرخطی، پایداری و ناپایداری به روش تابع لیاپانف، کاربردهای روش لیاپانف.

مراجع پیشنهادی:

1. Coddington, E. A., and Levinson. N., *Theory of ordinary differential equations*, McGraw Hill, 1955.

2. Perko. L., *Differential equations and dynamical systems*, 3rd Ed., Springer-Verlag, New York, 2006.



معادلات دیفرانسیل عادی ۲				فارسی	عنوان درس					
				انگلیسی						
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد							
معادلات دیفرانسیل عادی ۱	۴۸	۳	اختیاری		تخصصی		اصلی		پایه	
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد						حل تمرین: ندارد				

هدف:

ریزمواد:

سیستم معادلات دیفرانسیل خطی غیر همگن، سیستم معادلات دیفرانسیل خطی و متناوب، معادلات خطی با ضرایب تحلیلی، رفتار مجانی بعضی جوابهای سیستم خطی، سیستم های خطی با نقاط منفرد از نوع اول، جوابهای صوری، نقاط منفرد در بینهایت، روش فربنوس، سیستم های خطی با نقاط منفرد از نوع دوم، سریهای مجانی، جوابهای صوری در حالت مخلوط، انتگرال لاپلاس و سری مجازی، مساله خودالحاق روی بازه متناهی، قضیه بسط کامل، قضیه نوسان و مقایسه ای اشتورم - لیوویل، شرایط مرزی متناوب، مساله مقدار اولیه خودالحاق منفرد برای معادلات مرتبه دوم، حالات نقاط حدی و دایر حدی، قضیه کامل و بسط در حالت نقطه حدی در بی نهایت، رفتار منظم در دو نقطه یک بازه.



مراجع پیشنهادی:

1. E. Coddington & N. Levinson, *Theory of Ordinary Differential Equations*, McGraw Hill, 1955
2. A. Kirsch, *An Introduction to the Mathematical Theory of Inverse Problems*, Springer, 2011
3. G.M.L. Gladwell, *Inverse problems in Vibrations*, Springer, 2005
4. J. Poschel and E. Trubowitz, *Inverse Spectral Theory*, Academic Press, 1987

معادلات دیفرانسیل پاره ای ۲		فارسی	عنوان درس
Partial Differential Equations 2		انگلیسی	
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد
معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱، آنالیز حقیقی ۱	۴۸	۳	اختیاری
			تحصیلی نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		حل تمرین: ندارد	

هدف:

ریز مواد درس:

همگرایی ضعیف در فضاهای L^∞ ، اپراتورهای فشرده و نظریه فرد هلم. فضای توابع تعمیم یافته، تابع دلتای دیراک، فضاهای سوبولف، مشتق های ضعیف، تعریف فضاهای سوبولف، قضایای تقریب، قضیه اتر، نامساوی های سوبولف / نشاندن، نامساوی های از نوع بوانکاره، نشاندن های فشرده، جواب های تعمیم یافته، مفهوم جواب های اساسی برای معادلات، معادلات بیضوی مرتبه دوم، وجود جواب های ضعیف، قضیه لکس - میلگرم، تحملن های انرژی، جایگزین فرد هلم، منظم بودن، اصل ماکریم، مسائل مقدار ویژه برای عملکر های بیضوی، معادلات مرتبه دوم سهموی، وجود جواب های ضعیف، روش گالرکین، منظم بودن، اصل ماکریم ضعیف و قوی، معادلات هذلولوی مرتبه دوم، وجود جواب های ضعیف، منظم بودن، انتشار اختلال ها، نظریه نیمگروه ها، روش های نقطه ثابت.

مراجع پیشنهادی:

1. L. C. Evans, *Partial Differential Equations*, Graduate Studies in Mathematics, 19. American Mathematical Society, 1998
2. J. Jost, *Partial Differential Equations*, Second edition. Graduate Texts in Mathematics, 3. Adams, R. A., and Fournier, J. F., *Sobolev spaces*, 2nd ed., Academic press, 2003
4. Brezis, H., *Functional Analysis, Sobolev spaces, and Partial Differential Equations*, University text, Springer-Verlag, Berlin, 2011



روش های تغییراتی در معادلات دیفرانسیل				فارسی	عنوان درس انگلیسی	
Variational methods in differential equations				سی		
دورس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد			
معادلات دیفرانسیل پاره ای ۱	۴۸	۳	اختیاری عملی	تخصصی نظری عملی	اصلی نظری عملی	پایه نظری عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد				حل تمرین: ندارد	هدف:	

آشنایی با روش های تغییراتی برای حل معادلات و سیستم های بیضوی غیر خطی و همچنین آشنایی با روش های اثبات انتظام (regularity) این معادلات، که یکی از زمینه های اصلی پژوهش در حوزه معادلات دیفرانسیل پاره ای است.

ریز مواد درس:

روش مستقیم در حساب تغییرات، نیم پیوستگی ضعیف و رابطه اش با تحدب، قضیه وجود و یکتاپی، جواب ضعیف معادله اویلر- لاگرانژ، تخمین مشتق دوم جواب، انتظام از مراتب بالاتر، مسائل مقید، انتظام مسائل مقید، شبه تحدب در مسائل برداری و سیستم ها، انتظام پاره ای برای مسائل برداری و سیستم ها، شرط پالاس- اسمیل و لم گذر از کوه، کاربرد در حل معادلات بیضوی نیم خطی، روش های خاص برای اثبات وجود روش های مینیمال

مراجع پیشنهادی:

1. L.C. Evans, Partial Differential Equations, AMS, 2010
2. D. Gilbarg, N. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Springer, 1998
3. B. Dacorogna, Direct Methods in the Calculus of Variations, Springer, 2008
4. E. Giusti, Direct Methods in the Calculus of Variations, World Scientific, 2003
5. M. Struwe, Variational Methods, Springer, 2008
6. M. Giaquinta, Multiple Integrals in the Calculus of Variations and Nonlinear Elliptic Systems, Princeton University Press, 1983



دستگاه های دینامیکی گستته ۱				فارسی	عنوان درس		
Discrete Dynamical Systems 1				انگلیسی			
دروس پیش نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد				
مبانی سیستم های دینامیکی (کارشناسی)	۴۸	۳	اختیاری	تخصصی	اصلی	پایه	
			عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد							حل تمرین: ندارد

هدف:

ریز مواد درس:

دستگاه های دینامیکی گسته یک بعدی شامل معادلات تفاضلی خطی با ضرایب ثابت و متغیر، پایداری نقاط ثابت هذلولوی و غیره ذلولوی و نوع پایداری آنها، مشتق شوارتزی، قضیه شارکوسکی و معکوس آن، انشعابات مضاعف سازی دوره تناوب، دینامیک نمادین، مجموعه کانتور، آشوب از دیدگاه دیوبیتی، مزدوج بودن، حساسیت نسبت به شرط اولیه و نمایانهای لیاپانف، آشوب از دیدگاه لی-بورک. دستگاه های دینامیکی در صفحه شامل دستگاه های خطی، معادلات تفاضلی مرتبه ۲، نمای فاز، توابع لیاپانف، قضیه هارتمن- گراین، قضیه متیفلد پایدار، اتومورفیسم هذلولوی تورال آنوسف، نگاشت های نعل اسی و هتان، انشعاب نیمارک سکر، ریابنده بودن و تحلیل نیم سیکل، دیگر تعاریف آشوب، قضیه ماروتا، ارتباط بین آشوب از دیدگاه دیوبیتی و لی-بورک، نظریه ارگودیک، انتروپی، انشعابات و فرم های نرمال نگاشت ها، محاسبه نما های لیاپانف، کنترل و هماهنگ سازی آشوب، مدل های کاربردی شامل برخی مدل ها در بیولوژی، اقتصاد، علوم اجتماعی، شبکه های عصبی، اتوماتیک سلولی، رمزنگاری آشوبناک، تعامل بین آشوب و نظریه کدگذاری.

مراجع پیشنهادی:

1. S. N. Elaydi, *Discrete Chaos, with Applications in Science and Engineering*, Second Edition, Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2008.
2. K. T. Alligood, T. D. Sauer, J. A. Yorke, *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems*, Springer, 2000 .
3. R. L. Devaney, *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*, Second Edition, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1989 .

