



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- رمز و کد ۴- ریاضی مالی

۵- معادلات دیفرانسیل و سیستم های دینامیکی



گروه: علوم پایه

مصوبه جلسه شماره ۷۰ مورخ ۱۳۹۵/۰۳/۲۳

کمیسیون برنامه ریزی آموزشی

بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان برنامه: 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

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 ۱۳۹۵/۰۳/۲۳ 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 ۱۳۹۵/۰۳/۲۳ 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 ۱۳۹۷/۰۳/۲۸ 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.

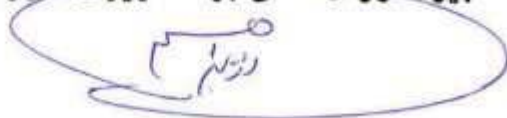
۳- برنامه درسی مذکور از تاریخ ۱۳۹۵/۰۳/۲۳ برای تمامی دانشگاه ها و مؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند برای اجرا ابلاغ می شود.

۴- برنامه درسی مذکور برای دانشجویانی که بعد از تاریخ ۱۳۹۵/۰۳/۲۳ ، در دانشگاهها پذیرفته می شوند لازم الاجرا است.

۵- این برنامه درسی از تاریخ ۱۳۹۵/۰۳/۲۳ به مدت ۵ سال قابل اجراست و پس از آن قابل بازنگری است.

عبدالرحیم نوه ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه ریزی آموزشی





فصل اول

مشخصات کلی



کلیه دانشگاه هایی که قبلاً مجوز اجرای رشته به صورت کلی و یا در برخی از گرایش های خاص این رشته را اخذ کرده اند می توانند در همان گرایش هایی که دانشجو گرفته اند کماکان اقدام به پذیرش دانشجو نمایند ولی در سایر گرایش های جدید و یا گرایش هایی که قبلاً مجوز اجرای آن را نداشته اند لازم است نسبت به اخذ مجوز با کد رشته محل مجزا اقدام نموده و فقط در صورت احراز شرایط و پس از اخذ مجوز از وزارت عتف نسبت به پذیرش دانشجو با کد رشته محل مختص گرایش مربوطه اقدام کنند.

طول دوره و شکل نظام

دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی مطابق با آیین نامه جاری دوره ی کارشناسی ارشد وزارت عتف است. تعداد

واحدهای دوره

تعداد واحدهای درسی دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی ۳۲ واحد و به قرار زیر است:

درس های الزامی: ۱۲ 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 راهنما یا دانشکده

درس های تخصصی - اختیاری: ۱۲ واحد، شامل دست کم سه درس از جدول درس های تخصصی - اختیاری و حداکثر یک درس با نظر استاد راهنما 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 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.

با توجه به پایه ای بودن دروس الزامی و تنوع ورودی های کارشناسی ارشد در این رشته، دروس الزامی به صورت ۴ واحدی ارائه خواهند شد. بدیهی است گروه های آموزشی اختیار دارند پس از تصویب دانشگاه به میزان ۱ واحد به محتوی سرفصل این دروس که به صورت ۳ واحدی تنظیم شده است اضافه نمایند.

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



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 سیستم های 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 کارآمد برای حل مسائل پیوسته‌ی ریاضی است. 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 گسسته‌ای از مدل طراحی شود که این امر لزوم بحثی با عنوان نظریه تقریب را ایجاد می‌کند. غالب مسائل گسسته 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 گسسته 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 کامپیوترها از کنکاش‌های دقیق محققین آنالیز عددی و ملاحظات اثبات شده این علم همواره بهره برده است.

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

تعریف

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 مدرک رسمی دانشگاهی می‌انجامد. این دوره از نظر اجرایی تابع 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 نیروی کارآمد 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؛
- به‌کارگیری پیشرفت‌های علوم کامپیوتر، محاسبات علمی و زبان‌های برنامه‌نویسی در حل عددی مسائل ریاضی.



نقش و توانایی

دانش‌آموختگان دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی به طور معمول قادرند: (اگرچه ممکن است هر دانش‌آموخته فقط بخشی از توانایی‌های زیر را بسته به جهتی که در دوره کار کرده است کسب کند)

- برای یک پدیده‌ی طبیعی مدلی ریاضی طراحی کنند؛
- مدل‌های ریاضی را تجزیه و تحلیل و دید مناسبی از جواب (جواب‌های) مدل داشته باشند؛
- الگوریتم‌های عددی موجود برای حل مسائل ریاضی را تجزیه و تحلیل کنند؛
- الگوریتم‌های عددی جدید برای حل مسائل ریاضی طراحی و آن‌ها را تجزیه و تحلیل کنند؛
- به متخصصین سایر رشته‌های 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 زبان‌های برنامه‌نویسی و کاربرد آن‌ها 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 (جواب‌های) 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 بحثی چند-رشته‌ای است که آنالیز عددی هم بخشی از آن است و از طرف دیگر، روش‌های تحلیلی در بسیاری از مواقع قادر به به دست دادن جواب‌هایی با فرم بسته و دقیق برای مدل‌های ریاضی نیستند و در اکثر (تقریباً همه‌ی) موارد چاره‌ای 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 پدیده‌های طبیعی و توسعه و به کارگیری آن‌ها در جامعه بشری، زنجیره‌ای وجود دارد که آنالیز عددی بخشی ضروری و لاینفک از آن است.

کلیات برنامه

عنوان دوره: کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - گرایش آنالیز عددی

پیش‌نیاز ورود: دارا بودن مدرک کارشناسی در یکی از رشته‌های مجموعه علوم ریاضی، فیزیک یا یکی از رشته‌های مهندسی.*

*پذیرفته شدگان با نظر گروه آموزشی مربوط موظف به گذراندن حداکثر ۶ واحد از درس‌های جبرانی هستند.



فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش آنالیز عددی



درس‌های الزامی گرایش آنالیز عددی

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

جدول درس‌های تخصصی - اختیاری

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



سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش آنالیز عددی



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

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 می‌آموزند.

ریز مطالب

آنالیز خطا و پایداری: آنالیز خطاهای گرد کردن؛ آنالیز خطای انواع الگوریتم‌های عددی (مانند الگوریتم ضرب داخلی، ضرب ماتریسی، عملگرهای ریاضی در دستگاه مختلط و غیره)؛ تعریف پایداری، سازگاری و همگرایی و ارتباط آن‌ها (قضیه هم‌ارزی لکس)؛ تعریف عدد حالت (ضریب وضعیت) و به دست آوردن آن در برخی مسائل ریاضی و الگوریتم‌های عددی؛ انواع آنالیز خطا و پایداری (پیشین، پسین، پسرو، پیشرو)؛ آشنایی با تقریب: مسئله بهترین تقریب؛ قضیه وایراشتراس؛ تقریب یکنواخت؛ صورت قضیه هم‌نوسایی؛ چندجمله‌ای‌های چبیشف و ویژگی‌های آن‌ها؛ تقریب در نرم دو؛ معادلات نرمال؛ دستگاه یکامتعامد؛ چندجمله‌ای‌های متعامد و خواص آن‌ها؛ تقریب فوری؛ تقریب کمترین مربعات گسته.

درونیایی: مسئله وجود و یکتایی؛ فرمول‌های درونیایی لاگرانژ، نیوتن، گرانجایی و مقایسه آن‌ها از دید پایداری و هزینه محاسباتی؛ برآورد خطای درونیایی به کمک فرمول هسته پتانو؛ بحث در همگرایی، مثال رونگه، همگرایی در نرم بینهایت و نرم دو؛ پایداری مسئله درونیایی و ثابت لبگ؛ درونیایی ارمیت؛ درونیایی مثلثاتی و تبدیل فوری سریع؛ درونیایی گویا و تقریب پاده؛ مسئله درونیایی تعمیم یافته؛ درونیایی چند متغیره؛ معرفی فضاهای هار.

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

انتگرال گیری و مشتق گیری عددی: فرمول‌های نیوتن-کوته؛ برآورد خطا به کمک فرمول هسته پتانو؛ فرمول‌های گاوسی (گاوس-لژاندر، گاوس-چبیشف، گاوس-ژاکوبی، گاوس-لوباتو، گاوس-رادو)؛ برآورد خطا؛ بسط اویلر-مک لوران، برونیایی 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. Björk (2008). **Numerical Methods in Scientific Computing**, Volum I, SIAM.
6. W. Gautschi (2012). **Numerical Analysis**, 2nd. Ed., Birkhäuser.



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

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

ریز مطالب:

روش‌های کلاسیک: روش‌های اویلر پیشرو و پسرو و ذوزنقه‌ای به همراه آنالیز خطا و آنالیز خطای مجانبی (برونیاپی 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 بوچر، همگرایی، پایداری و خطای مجانبی روش‌های رونگه-کوتای صریح، روش‌های پیشگو و اصلاح خطا در این روش‌ها: روش‌های رونگه-کوتا-فلنبرگ، روش‌های رونگه-کوتای ضمنی و جدول ضرایب بوچر، آنالیز همگرایی و پایداری آن‌ها، حوزه‌های پایداری.

روش‌های چندگامی: روش‌های آدامز-بشفورت و آدامز-مولتن، آنالیز خطا، 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.



عنوان				فارسی				حل عددی معادلات انتگرال			
درس				انگلیسی				Numerical Solution of Integral Equations			
نوع واحد				تعداد واحد				تعداد ساعت			
الزامی				اختیاری				جبرانی			
نظری				عملی				نظری			
عملی				نظری				عملی			
حل تمرین: حداکثر ۲۴ ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				۴۸			
۳				۲				۳			
آنالیز عددی پیشرفته				درس هم نیاز				۴۸			

هدف درس: معادلات انتگرال به عنوان یکی از مهمترین مباحث در ریاضیات محاسباتی نقش انکارناپذیری را در نظریه معادلات عملگری ایفا می‌کند. اگرچه مدل بسیاری 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 دانشجویان ضمن آشنایی با مفاهیم اولیه مرتبط با معادلات انتگرال و ضمن مطالعه روش‌های عددی مختلف برای انواع آن‌ها از نوع ولترا و فردهلم، توانایی تجزیه و تحلیل روش‌ها را نیز به دست آورند.

ریز مطالب:

مقدمه‌ای بر معادلات انتگرال: تقسیم‌بندی مسایل ریاضی در ریاضیات محاسباتی، دسته‌بندی معادلات انتگرال (نوع اول، نوع دوم، نوع سوم، نوع چهارم؛ فردهلم و ولترا؛ خطی و غیرخطی؛ تکیه و ناتکیه)، خوش‌وضع و بدوضع معادلات انتگرال، ارتباط معادلات انتگرال و معادلات دیفرانسیل (معمولی و جزئی)، بررسی وجود و یکتایی جواب معادلات انتگرال.

حل عددی معادلات انتگرال فردهلم نوع دوم: بررسی خواص عملگر انتگرال فردهلم فشرده و غیرفشرده روی فضای توابع پیوسته $C(D)$ و فضای L^2 ، روش هسته تباخیده، روش نیشترم، روش‌های تصویری (نظریه کلی، روش هم‌مکانی، روش گالوکین، روش‌های طیفی، روش‌های تصویری تکراری، آنالیز خطای روش‌های تصویر، فوق همگرایی)، حل عددی معادلات انتگرال ولترا نوع دوم.

حل عددی معادلات انتگرال نوع اول: حل عددی معادلات انتگرال نوع اول فردهلم (نظریه کلی، روش منظم‌سازی، روش افزوده گالوکین)، 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.



عنوان		فارسی		نظریه معادلات انتگرال	
درس		انگلیسی		The Theory of Integral Equations	
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعات	درس	پیش نیاز
الزامی		اختیاری		جبرانی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		۳	
				آنالیز حقیقی	

هدف درس: نظریه معادلات انتگرال یکی از جنبه‌های عینی و مهم نظریه معادلات عملگری است. بررسی ویژگی‌های کراندار و فشردگی عملگرهای انتگرالی 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 معمولی و جزئی با شرایط اولیه و مرزی مختلف (پی برده و ضمن شناخت معادلات انتگرال مرزی و تکین به بررسی شرایط وجود و یکتایی جواب و نیز روش‌های حل تحلیلی معادلات انتگرال ولترا و فردهلم در فضای توابع پیوسته $C(D)$ و فضای L^2 می‌پردازند.

ریز مطالب

مقدمه‌ای بر آنالیز تابعی: فضاهای خطی نرم‌دار، عملگرهای خطی، دستگاه یکا متعامد، مسأله بهترین تقریب، خواص عملگرهای انتگرال خطی کراندار و فشرده، اصل کراندار یکنواخت، قضیه آرزلا-اسکولی، ویژه مقدار و ویژه تابع، قضیه تناوبی فردهلم، عملگرهای خودالحاق، قضیه نمایش ریس، فضای دوگان، فرم‌های دوخطی و شبه خطی، مشتق فرشه.

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

معادلات انتگرال ولترا: بررسی ویژگی‌های عملگرهای انتگرالی ولترا فشرده و غیرفشرده بر فضای توابع پیوسته $C^d(D)$ ، $1 \leq d$ ، و نیز بررسی شرایط منظم برای جواب‌ها، روش‌های تکراری (تقریب متوالی- سری نیومن- روش هسته‌های تکراری- روش هسته حلال و بررسی شرایط همگرایی آنها)- استفاده از تبدیلات انتگرالی.

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

نظریه هیلبرت - اشمیت برای هسته‌های متقارن: بررسی ویژگی‌های ویژه مقدارها و ویژه تابع‌های هسته‌های متقارن، قضیه هیلبرت- اشمیت، قضیه مرکر، مفاهیم تباهیدگی، سادگی و چندگانگی ویژه مقدارهای هسته‌های متقارن، هسته‌های بریده، فرم دوخطی هسته‌های متقارن، حل معادلات انتگرال با هسته متقارن، تقریب یک هسته (نه لزوماً متقارن) با یک هسته جدایی‌پذیر.

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

معادلات انتگرال مرزی: معادلات انتگرال مرزی (مسئله دیریکله، مسئله نیومن)، مسائل برون (مسئله نیومن و دیریکله برون)، 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.



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

هدف درس: عمده این درس حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی با روشهای تفاضلات متناهی (FDM) است. دانشجویان در این درس با روشهای حل معادلات بیضوی، سهموی و هذلولوی آشنا می‌شوند و نحوه انجام آنالیزهای پایداری و خطای آن‌ها را آموزش می‌بینند. معایب و محاسن روش FDM را تشخیص می‌دهند و برای روش‌های عددی دیگر در حل این نوع معادلات کاملاً آماده می‌شوند. پس از اتمام این درس دانشجو تقریباً برای حل هر معادله‌ی دیفرانسیل مقدار مرزی ایده‌ای خواهد داشت.

پیشنیازهای علمی لازم: دانشجو پیش 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 یا C داشته باشد.

ریز مطالب

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

حل تفاضلات متناهی معادلات بیضوی: طرحهای تفاضلات متناهی برای معادله لاپلاس با انواع شرایط مرزی، آنالیز خطا به کمک اصل ماکسیمم و تابع محکم، حل معادلات بیضوی 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 پایداری آنها با روش‌های مختلف (روش فوریه، روش ماتریسی و غیره)، اثبات همگرایی به کمک اصل ماکسیمم، روشهای چندگامی در زمان، روش خطوط و ارتباط بین پایداری معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی، حل برخی مسائل غیر خطی، حل معادلات سهموی در حالت دو و سه بعدی با روش‌های صریح و روشهای ADI و LOD به همراه بررسی همگرایی و پایداری و مزایا و معایب هر یک، حل مسائل چندبعدی روی نواحی با مرز خمیده، حل معادلات انتقال گرما در مختصات قطبی، استوانه ای 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 دامنه تأثیر، طرح های تفاضلات بادسو (upwind و downwind)، تعریف دامنه تأثیر عددی و شرط CFL، طرحهای تفاضلاتی لکس-وندروف و لکس-فردریش، box و leap-frog، آنالیز خطا و پایداری طرح های گفته شده، طرح‌های TVD، معادلات قانون بقا، مختصری 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. ThijsBoonkkamp (2005). **Partial Differential Equations: Modeling, Analysis, Computation**, SIAM.
8. R. LeVeque (2007). **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations**, SIAM.



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

هدف درس: روش عناصر متناهی یکی از روش‌های پایه‌ای و محبوب در حل معادلات دیفرانسیل مقدار مرزی است که در آن از یک طرف دانشجوی 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 دانشجوی علاوه بر پیاده سازی عددی، همگرایی جواب‌های حاصل شده را نیز بررسی می‌کند.

پیشنیازهای علمی لازم: دانشجوی پیش از اخذ این درس لازم است تا 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.

ریز مطالب

آنالیز تابعی: فضاها، هیلبرت، قضیه نمایش ریس، معرفی مشتق ضعیف، فضاها و نرم‌های سوپولوف، نامساوی سوپولوف و پوانکاره (بدون اثبات).

فرم ضعیف مسائل مقدار مرزی: قضایای دیورژانس و گرین، مینیمم انرژی، انواع شرایط مرزی، نظریه وجود و یکتایی فرم ضعیف، فرم‌های تغییراتی برای مسائل متقارن و نامتقارن، قضیه لکس-میلگرام، بررسی شرایط مرزی نویمان و مخلوط.

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

درونیایی چندجمله‌ای و تقریب‌های عناصر متناهی: مروری بر درونیایی به وسیله چندجمله‌ای‌ها در فضاها، یک و دوبعدی و کران خطای درونیایی قطعه‌ای خطی چندجمله‌ای‌های تکه‌ای خطی، درجه دو و مکعبی روی بازه‌ها و مثلث، روش تسلسلی برای ساختن پایه‌های درجه بالاتر، انتگرالگیری عددی روی مثلث‌ها، اسمبل کردن و تولید ماتریس سختی، عناصر مستطیلی.

روش عناصر متناهی برای مسائل مقدار مرزی (یک و دو بعدی): فرمول‌بندی روش، آنالیز خطای پیشین در نرم انرژی (قضیه Cea) و نرم L^2 . آنالیز خطای پسین در نرم انرژی، تعریف عملگرهای تصویر L^2 و تصویر ریتز و کران خطای آنها.

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

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

روش عناصر متناهی برای معادلات هذلولوی: نیم‌گسسته‌سازی معادله موج نسبت به متغیر مکان با روش عناصر متناهی، آنالیز پایداری و قانون بقای انرژی و آنالیز خطای پیشین. گسسته‌سازی کامل معادله موج با ترکیب با گسسته‌سازی 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**, Prentic-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.



عنوان درس		فارسی		نظریه تقریب	
		انگلیسی		Approximation Theory	
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعت	درس پیش نیاز	
الزامی		۳		جبرانی	
اختیاری					
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			

هدف درس: در آنالیز عددی مسائل پیوسته ریاضی گسسته‌سازی و به صورت تقریبی در فضاهای با بعد متناهی حل می‌شوند. اگر گسسته‌سازی بر اساس معیارهای آنالیز عددی درست انجام شود، با اصلاح کردن آن جواب مسئله گسسته به جواب مسئله پیوسته میل خواهد کرد. هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با نظریه تقریب که ارتباط بین مسئله پیوسته و مسئله گسسته 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 بهترین تقریب: یادآوری فضاهای متریک و فضاهای ضرب داخلی، وجود بهترین تقریب در فضاهای متریک و نرم‌دار، نرم اکیدا محدب، یکتایی بهترین تقریب، عملگرهای تقریب و پیوستگی آنها، ثابت‌های لیگ، مروری بر نظریه درونیایی.

تقریب یکنواخت: قضیه وایرشتراس، عملگرهای یکنوا، چندجمله‌ای‌های برنشتاین و مشتقات آنها، مدول پیوستگی، مرتبه همگرایی تقریب با چندجمله‌ای‌ها، قضایای جکسون، اصل کراندار یکنواخت، بهترین تقریب چندجمله‌ای یکنواخت (چندجمله‌ای مینیماکس)، اثبات قضیه هم نوسانی و ساختار بهترین تقریب یکنواخت، قضیه یکتایی، تعمیم به زیرفضاهای هار، چندجمله‌ای‌های چیشف، تقریب روی مجموعه متناهی از نقاط، روش‌های محاسباتی شامل الگوریتم رمز و همگرایی آن، روش‌های برنامه ریزی خطی، نزدیک بهترین تقریب (near-best)، تقریب کاراتودوری-فیر.

تقریب کمترین مربعات: قضیه تقریب در نرم دو، معادلات نرمال، دستگاه یکامتعاد، چندجمله‌ای‌های متعامد و خواص آنها، همگرایی بسط‌های متعامد و فضاهای کامل، همگرایی طیفی بسط‌های لواندر، چیشف، لاگر، ارمیت، مسئله شتورم-لیوویل، مروری بر فرمول‌های انتگرال‌گیری گاوس، تقریب کمترین مربعات روی مجموعه متناهی از نقاط.

تقریب توابع متناوب: چندجمله‌ای‌های مثلثاتی، قضیه وایرشتراس برای چندجمله‌ای‌های مثلثاتی، سری فوری و عملگر فوری، قضیه دینی-لیپشیتس، پدیده گیبس، هسته‌های دیریکله و فیر، بررسی همگرایی سری فوری در نرم یکنواخت و نرم دو، کاربرد اصل کراندار یکنواخت در تقریب فوری، تقریب فوری گسسته و تبدیل سریع فوری، بررسی همگرایی طیفی و پایداری تقریب فوری و ارتباط با تقریب‌های چندجمله‌ای.

اسپلاین‌ها: فضای اسپلاین‌ها، اسپلاین‌های درونیاب و B-اسپلاین‌ها و خواص بازگشتی آنها، همگرایی تقریب با اسپلاین‌ها، یافتن خطا با هسته پنتو، اسپلاین‌های کامل، تقریب کمترین مربعات با اسپلاین‌ها، منحنی‌های بزیه.

تقریب گویا: بهترین تقریب کسری در نرم بینهایت، قضیه وجود و ساختار بهترین تقریب، الگوریتم رمز، کسرهای تسلسلی، درونیایی 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 1969).
7. G. M. Phillips (2003). **Interpolation and Approximation by Polynomials**, Springer.
8. L. N. Trefethen (2013). **Approximation Theory and Approximation Practice**, SIAM.



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

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: فضاها، خطی و برداری، فضاها، نرم‌دار و کامل، فضای هیلبرت، مقدماتی بر نظریه عملگرهای خطی، پایه‌های ریس و تغییر پایه‌ها، تقریب با تصاویر متعامد، سیگنال‌های دیجیتال، تبدیل Z و معکوس آن.

آنالیز فوری: تابع شانه‌ای و هسته سری‌های فوری، تبدیل فوری و خواص آن، انتقال‌های زمانی و مقیاس زمانی، ممان‌ها، پیچش، قضیه پارسوال، پالس‌های متعامد، مثلثی و تابع گاوسی، قضیه نمونه برداری، پدیده گیبس، آنالیز فوری سیگنال‌های گسسته زمانی، آنالیز فوری گسسته، تبدیل فوری گسسته.

آنالیز فرکانس - زمان: توابع پنجره‌ای، تبدیل فوری کوتاه زمانی، تبدیل گابور، خواص STFT، تبدیل موجک پیوسته، سری‌های موجک، توزیع ویگنر - ویل و خواص آن.

آنالیز تجزیه چندمقیاسی: آنالیز موجک هار، فضاها، چند سطحی، تجزیه متعامد، دومتعامدی و شبه متعامد، روابط دو مقیاسی، روابط تجزیه و بازسازی، توابع B-اسپلاین و خواص آن، نگاشت یک تابع در فضای MRA.

ساخت موجک‌ها: شرایط ساخت موجک، روابط بین دنباله‌های دومقیاسی و تجزیه و بازسازی، ساخت موجک‌های شبه متعامد اسپلاین، ساخت موجک‌های متعامد، توابع مقیاس متعامد شاتن میر، لماری، دابیشز، ساخت موجک‌های دو متعامدی، موجک‌های چندگانه.

تبدیل موجک گسسته و الگوریتم‌های فیلتر بانک: نمایش سیگنال در زیر فضای تقریبی، بازسازی فیلتر بانک‌ها، آرایه فیلتر بانک‌های چند حالتی، تبدیل موجک گسسته.

تبدیل سریع انتگرال و کاربردهای آن: نظریه 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.



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

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

ریز مطالب

بخش اول: آشنایی با حسابان کسری

توابع خاص در حسابان کسری: تابع گاما و توابع خاص وابسته به آن، توابع میتاگ-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 کاپوچو، تبدیل لاپلاس از مشتق‌های کسری، تبدیل فوریه از مشتق‌های کسری، تبدیل میلن از مشتق‌های کسری، مشتق کسری گرونوالد-لنتیکوف، مقدمه‌ای بر انتگرال‌ها و مشتق‌های کسری چپ و راست، مشتق ریس.

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

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

بخش دوم: روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال کسری

تقریب عملگرهای انتگرال و مشتق کسری: تقریب عملگرهای انتگرال کسری و مشتق کسری شامل روش‌های گرونوالد-لنتیکوف، روش‌های بر مبنای انتگرال‌گیری عددی، و روش‌های چندگامی 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 چندگامی خطی، بررسی تحلیل خطا و آنالیز پایداری این روش‌ها، مقدمه‌ای بر روش‌های عددی در حل معادلات دیفرانسیل جزئی کسری مانند روش خطوط، روش انتگرال‌گیرهای نمایی.

روش‌های عددی حل معادلات انتگرال کسری: نظریه رونگه-کوتا در حل معادلات انتگرال (ولترا و ابل) کسری، روش‌های چندگامی خطی کسری در حل معادلات انتگرال (ولترا و ابل) 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.



عنوان		فارسی		حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی			
درس		انگلیسی		Numerical Solution of Stochastic Differential Equations			
درس پیش نیاز	تعداد ساعات	تعداد واحد	نوع واحد				
			الزامی		اختیاری		
آنالیز عددی پیشرفته	۴۸	۳	جبرانی		عملی		
			نظری	عملی	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: دانشجوی پیش 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 Matlab, Maple یا Mathematica داشته باشد.

ریز مطالب:

حسابان تصادفی: مقدمه ای بر نظریه احتمال و فرایندهای تصادفی، حرکت براونی و فرایند وینر و نوقه 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 تقریب های مسیری، روش اویلر-ساریاما، روش مایلستین، روش های رونگه-کوتا و نظریه درختان ریشه دار دو رنگی، شرایط مرتبه برای روش های رونگه-کوتا تصادفی، روش های چندگامی تصادفی، روش های تیلور ضعیف.

معادله دیفرانسیل جزئی تصادفی: روش تفاضل متناهی، روش اویلر-ساریاما، روش مایلستین، روش خطوط برای مسائل مقدار اولیه-سرری 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. Sherve (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.



عنوان		فارسی		آنالیز بازه‌ای	
درس		انگلیسی		Interval Analysis	
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعت	درس	هم‌نیاز
الزامی		اختیاری		جبرانی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد			

هدف درس: آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های آنالیز بازه‌ای در تحلیل خطا و انجام محاسبات تایید شده هدف اصلی این درس است.

ریز مطالب

مقدمات: مروری بر حساب ممیز شناور و استاندارد IEEE، سبک‌های گرد کردن، خطاهای گرد کردن و منظور 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 دربردارندگی حساب بازه‌ای، حساب بازه‌ای حقیقی ممیز شناور، بازه‌های مختلط و حساب بازه‌ای مختلط (مستطیلی و مدور)، حساب بازه‌ای مختلط ممیز شناور، نرم افزارهای حساب بازه‌ای (به عنوان نمونه اینتل (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 یا الگوریتمی.

ابزارهای آنالیز بازه‌ای در جبر خطی: روش حذف گاوس بازه‌ای و مشکل آن، روش کراوچیک-رومپ برای درحصار کشیدن جواب دقیق دستگاه‌های معادلات خطی، اثر پوششی (wrapping effect) در محاسبات ماتریسی تأیید شده، ماتریس‌های بازه‌ای، دستگاه‌های معادلات خطی بازه‌ای: انواع مجموعه جواب‌ها با تأکید بر مجموعه جواب متحد شده، توصیف تحلیلی مجموعه جواب‌ها شامل قضیه اتلی-پراگر (Oettli-Prager)، روش هسن-بلیک-روهن، معادله قدرمطلق و حل آن برای محاسبه حصار بر پوسته مجموعه جواب متحد شده.

ابزارهای آنالیز بازه‌ای در ریشه یابی: ریشه یابی تک معادلات و دستگاه‌های معادلات غیرخطی، روش نیوتن بازه‌ای، قضیه نقطه ثابت بروور (Brouwer)، معرفی عملگر استاندارد کراوچیک در حالت کلی، روش تکراری کراوچیک-رومپ و استفاده از آن در ریشه یابی به طور خاص.

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

ابزارهای آنالیز بازه‌ای در بهینه سازی: در حصار کشیدن جواب دقیق مسئله برنامه ریزی خطی، دستگاه‌های نامعادلات 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.



عنوان		فارسی		مدلسازی ریاضی	
درس		انگلیسی		Mathematical Modelling	
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعت	پیش نیاز	درس
الزامی		اختیاری		جبرانی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: 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 یادآور خواهد شد و به بهبود مهارت حل مسئله در دنیای واقعی کمک خواهد نمود. از آنجا که بسیاری از پدیده‌ها شامل تغییرات متغیر زمانی یا متغیرهای مکانی هستند، مدل‌های به دست آمده معمولاً از نوع معادلات دیفرانسیل هستند.

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

ریز مطالب

مدلسازی با معادلات دیفرانسیل معمولی: مکانیک نیوتنی (حرکت پرتابه، معادله جرم-فشار، حرکت آونگ و غیره)، دینامیک جمعیت (مدل‌های یکنواخت، مالتوس، لجستیک، واکنشهای شیمیایی)، مدل‌های خودگردان، نقاط تعادلی، دیاگرام فاز، سیستمهای غیرخطی: مدل‌های شکار-شکارچی، ولنکا-ولترا و اپیدمی (SIR)، نوسانگر وندربیل، خطی سازی، پایداری، سیستم‌های همبستگی؛ مدلسازی با روش‌های حساب تغییرات: مسئله کوتاهترین زمان، مسئله صابون، مسئله‌ی زنجیر آویخته و غیره.

مدلسازی با معادلات دیفرانسیل جزئی: دسته بندی معادلات دیفرانسیل جزئی: معادلات سهموی، هذلولوی و بیضوی و تعبیر فیزیکی هر کدام از منظر مدل‌های پخش (معادله گرما)، انتقال (معادلات موج، معادلات آبهایی کم عمق، دینامیک ترافیک ماکروسکوپی و میکروسکوپی) و حالت‌های ایستا (معادلات لاپلاس، پواسن و نویر-استوکس ایستا)، مدل‌های پخش-انتقال (شامل معادلات نویر-ستوکس)؛ مدلسازی: بی بعد سازی و مقیاس سازی، آنالیز بعدی، انواع مدل‌های کانونی و سیستماتیک؛ معادلات مکانیک محیط‌های پیوسته: مختصات لاگرانژی و اویلری، معادلات قانون بقا (بقای جرم، بقای حرکت و بقای انرژی)، روابط ساختاری (Constitutive relations) شامل هدایت گرما و پخش جرم، رابطه گاز ایدال، مدل شارش گرمای فوری، مدل‌های الاستیسته و غیره، امواج صوتی و معادلات الکترومغناطیس، معادلات مکسول، 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 Thijs Boonkamp (2005). **Partial Differential Equations: Modeling, Analysis, Computation**, SIAM.
- S. Howison (2005). **Practical Applied Mathematics: Modelling, Analysis, Approximation**, Cambridge University Press.



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

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

پیشنیازهای علمی لازم: دانشجوی پیش 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: فضاها، تقریب چندمتغیره و مسئله یکتایی، چندجمله‌ای‌های چندمتغیره، درونیایی 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 متحرک و روش‌های دیگر. کاربردهای این روش‌ها در بازسازی رویه‌ها، حل معادلات دیفرانسیل، نظریه یادگیری.

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

تقریب کمترین مربعات متحرک (MLS): تقریب توابع و مشتقات آنها به کمک MLS، آنالیز خطا 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 اساسی مسئله (روش‌های مستقیم-جریمه - مضارب لاگرانژ و...)، مروری بر برخی دیگر روش‌های بدون شبکه مانند PUM و RKPM.

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.



عنوان درس		فارسی		مباحث ویژه در آنالیز عددی						
		انگلیسی		Special Topics in Numerical Analysis						
نوع واحد				تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش نیاز یا هم نیاز				
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		۳	۴۸	اجازه گروه
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 می گردد. ریز مواد درسی مربوطه قبل از ارائه بایستی به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه دانشکده برسد.



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 چند تابع هدف (مانند سود، هزینه، ریسک، و غیره) روی مجموعه‌ای شذنی 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 ارشد ریاضی کاربردی- گرایش بهینه‌سازی یکی از دوره‌های آموزشی و 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- بهینه‌سازی" می‌انجامد و از نظر اجرایی، تابع ضوابط، مقررات و آیین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است.

اهداف

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

نقش و توانایی

- فارغ التحصیلان دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی- بهینه‌سازی می‌توانند:
- به عنوان متخصص حرفه‌ای در موسسات علمی و شرکت‌های مالی، صنعتی و اقتصادی فعالیت کنند.
- به عنوان پژوهش‌گر در 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 بهینه‌سازی 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 پژوهش‌گرانی (که قادر به انجام پژوهش‌های بنیادی در سطح مرزهای دانش هستند)، سطح کیفی و کمی ریاضی کاربردی- گرایش بهینه‌سازی در کشور ارتقا می‌یابد.

کلیات برنامه

عنوان دوره: کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی- گرایش بهینه‌سازی

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



فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش بهینه‌سازی



جدول شماره ۱: درس های اصلی گرایش بهینه سازی

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	بهینه سازی خطی پیشرفته ۱	۳
۲	بهینه سازی غیر خطی پیشرفته ۱	۳

جدول شماره ۲: درس های تخصصی - اختیاری

شماره درس	نام درس	تعداد واحد	پیش نیاز یا هم نیاز (ها)
۱	برنامه ریزی پویا	۳	
۲	برنامه ریزی صحیح	۳	
۳	بهینه سازی ترکیبیاتی	۳	
۴	بهینه سازی تصادفی	۳	
۵	بهینه سازی خطی پیشرفته ۲	۳	
۶	بهینه سازی غیر خطی پیشرفته ۲	۳	
۷	بهینه سازی خطی نیمه نامتناهی	۳	
۸	بهینه سازی چند هدفه	۳	
۹	بهینه سازی شبکه ای	۳	
۱۰	بهینه سازی ناهموار	۳	
۱۱	بهینه سازی و شبکه های عصبی	۳	
۱۲	بهینه سازی محدب	۳	
۱۳	حساب تغییرات و کنترل بهینه	۳	
۱۴	روش های نقطه درونی	۳	
۱۵	شبیه سازی پیشرفته	۳	
۱۶	کنترل بهینه تصادفی	۳	
۱۷	کنترل خطی و غیر خطی	۳	
۱۸	مدل سازی ریاضی	۳	
۱۹	نظریه بازی و کاربردها	۳	
۲۰	نظریه مکان یابی	۳	
۲۱	مباحث ویژه در بهینه سازی	۳	



فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد گرایش بهینه‌سازی



عنوان درس		فارسی	بهینه‌سازی خطی پیشرفته ۱			
		انگلیسی	Advanced Linear Optimization 1			
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعات	دروس پیش‌نیاز		
پایه	اصلی	تخصصی		اختیاری		دروس پیش‌نیاز
		عملی	نظری	عملی	نظری	
حل تمرین: ندارد	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	بهینه‌سازی خطی (کارشناسی)
		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		۳		۲۸

هدف:

سرفصل درس:

چندوجهی ها در R^n ، نقاط راسی، جهت های راسی، جهت دورشونده، شرایط لازم و کافی برای بی کران بودن، قضیه نمایش، مروری بر الگوریتم سیمپلکس اولیه از دیدگاه های جبری و هندسی، سیمپلکس تجدید نظر شده، تباهیدگی و اثرات آن، مطالعه تحلیلی روش های M -بزرگ و دوفازی، پدیده دور، قاعده لکزیکوگرافی و قاعده بلاند برای جلوگیری از دور، الگوریتم سیمپلکس با متغیرهای کران دار، شرایط فروش-کیون-تاکر، KKT، قضایای چاره ای (دگرین) شامل لم فارکاش و قضیه گوردان، دوگانگی (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، لوئنبرگر، 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.



عنوان درس		فارسی		بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته ۱							
		انگلیسی		Advanced Nonlinear Optimization1							
نوع واحد				تعداد واحد	تعداد ساعات	دروس پیش‌نیاز					
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		۳	۲۸	جبرخطی عددی یا مبانی آنالیز عددی یا محاسبات ماتریسی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					
حل تمرین: ندارد											

سرفصل درس:

مدل‌سازی غیرخطی، مروری بر مجموعه‌های محدب و خواص آنها، توابع محدب، تعمیم 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 مسایل غیر خطی، روش‌های بهینه‌سازی نامقید شامل مسیرهای مزدوج، تندترین کاهش، نیوتون و شبه نیوتون، روش‌های سکانت، الگوریتم‌های جستجوی خطی (شامل جستجوی خطی دقیق و نادقیق) و روش‌های ناحیه اعتماد (Trust region)، همگرایی سراسرس و همگرایی مجانبی (آهنگ یا نرخ همگرایی مجانبی)، مقایسه نظری و عملی روش‌ها، حل مسایل درجه دوم و الگوریتم مجموع موثر.

مراجع پیشنهادی:

- ۱- برنامه ریزی خطی و غیرخطی، لونتیرگر، ترجمه نظام الدین مهدوی 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.



عنوان درس		فارسی	برنامه ریزی پویا
		انگلیسی	Dynamic Programming
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعات
پایه		اختیاری	دروس پیش نیاز
اصلی		تخصصی	بهبود سازی خطی
نظری		عملی	(کارشناسی)
نظری		نظری	۴۸
عملی		عملی	۳
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 حالتی برداری، سیستمهای 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.



عنوان درس		فارسی		برنامه‌ریزی صحیح					
		انگلیسی		Integer programming					
نوع واحد				تعداد واحد		تعداد ساعات		دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		۴۸	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	بهبود سازی خطی (کارشناسی)			
حل تمرین: ندارد				نیاز به اجرای پروژه عملی: 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، مخروط مشخصه، چند وجهی‌های صحیح، مخروط‌های چند وجهی و پایه هیلبرت، 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، نامعادلات معتبر و تعیین کننده‌های فست، نامعادلات حذف زیر دور برای TSP، قضیه کاراتئودوری، قضیه دویگنان، کاربردهایی از عملگر تصویر و ارتفاع Balas-Ceria-Cornuéjols (BCC)، سایر عملگرهای تصویر ارتقا، روش‌های شاخه و کران استراتژی‌های انتخاب شاخه، و صفحات برش، شاخه و برش، روش آزادسازی، تجزیه بندرز، مسائل بهینه‌سازی 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.



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

هدف:

سرفصل درس :

مفاهیم مساله، الگوریتم و پیچیدگی محاسباتی: تعریف رده های P ، NP ، $NP-C$ و $NP-Hard$.
معرفی مدل‌سازی ترکیبیاتی و معرفی برخی نمونه‌های کاربردی از مسایل 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 آرایه مثال (مانند مساله P -مرکز)، جستجوی محلی (موضعی): تعریف‌های لازم و بررسی موردی در مسایل بهینه‌سازی ترکیبیاتی (مانند مساله افرازدی گراف و ...). الگوریتم‌های E - تقریب: معرفی، الگوریتم‌های E -تقریب برای مسایل بهینه‌سازی ترکیبیاتی از جمله مساله فروشنده دوره‌گرد متریک، مساله پوشش مجموعه، مساله کوله‌پشتی، مساله پوشش راس، مساله P -مرکز، مساله مکاتبایی بدون ظرفیت و ...، معرفی چند الگوریتم فرا ابتکاری، به عنوان مثال الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوریتم جستجوی متغیر (VNS)، الگوریتم جستجوی ممنوع (TS).

الگوریتم‌های دقیق: الگوریتم‌های شاخه و کران، الگوریتم‌های برنامه‌سازی پویا

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.



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

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



نوع واحد		تعداد واحد		تعداد ساعات		دروس پیش نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					
بهبود سازی خطی پیشرفته ۲		فارسی		انگلیسی		نوع درس	
Advanced Linear Optimization 2							

هدف:

سرفصل درس:

برنامه ریزی خطی صحیح (الگوریتم های شاخه و کران، و صفحه برشی)،

افراز بندرز و روش های لاگرانژی، ساختار قطری بلوکی،

پیچیدگی الگوریتم سیمپلکس، الگوریتم های با پیچیدگی چند جمله ای شامل الگوریتم خاچیان، الگوریتم کارمارکار و روش های نقطه درونی،

مسایل برنامه ریزی خطی کسری (مدل ها، مفاهیم و روش های حل).

مراجع پیشنهادی:

۱- برنامه ریزی خطی و غیر خطی، لوئیس گر، ترجمه نظام الدین مهدی امیری و محمد حسین پور کاظمی، 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.



عنوان درس		فارسی		انگلیسی	
بهبهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته ۲				Advanced Nonlinear Optimization 2	
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه	اصلی	تخصصی	اختیاری	۳	۲۸
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد			
بهبهینه‌سازی خطی				(کارشناسی)	

هدف:

سرفصل درس:

مدل‌های بهینه‌سازی غیرخطی مقید، شرایط لازم و شرایط کافی برای جواب مسایل مقید، روش‌های حل مسایل غیرخطی مقید شامل برنامه‌ریزی درجه دوم متناوب، مجموعه موثر، تصویرگرادیان، روش‌ها بر اساس توابع جریمه‌ای شامل توابع جریمه‌ای دقیق و لاگرانژی فزوده، برنامه‌ریزی هندسی، برنامه‌ریزی کسری، و روش‌های نقطه درونی غیرخطی

مراجع پیشنهادی:

۱- برنامه ریزی 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.



عنوان درس		فارسی	بهینه سازی خطی نیمه نامتناهی	
		انگلیسی	Semi Infinite Linear optimization	
نوع واحد		تعداد واحد	تعداد ساعت	درس پیش نیاز
پایه	اصلی	تخصصی		اختیاری
	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد		

هدف:

سرفصل درس :

- مدل سازی و اهمیت مسائل بهینه سازی خطی نیمه نامتناهی
- قضایای دگرین نیمه نامتناهی
- سازگاری
- هندسه برنامه ریزی نیمه نامتناهی
- پایداری
- بهینگی و دوگانگی
- 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. López, Semi-infinite programming. Recent advances, Springer, 2001.
- R. Hettich, K.O. Kortanek, Semi-infinite programming, SIAM Review, 1993.



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

هدف:

سرفصل درس:

- اهمیت و کاربردهای بهینه‌سازی چندهدفه.
- نقاط کارا، کارای ضعیف و کارای سره: تعریف مفاهیم، وجود جواب و چگونگی بدست آوردن آن.
- اسکالرسازی شامل روش‌های مجموع وزندار، اپسیلون محدودیت، قید الاستیک، روش نقطه مرجع، روش محک سراسری و روش بنسون برای بدست آوردن جوابهای کارا، کارای ضعیف و کارای سره.
- جواب‌های توافقی و تابع Achievement
- مطالعه ترتیب‌های غیرطبیعی، شامل لکزیکو و Max-Ordering
- بهینه‌سازی چندهدفه خطی و الگوریتم سیمپلکس برای حل آن.
- مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی 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).



عنوان درس		فارسی		بهینه‌سازی شبکه‌ای					
		انگلیسی		Network Optimization					
نوع واحد				تعداد واحد		تعداد ساعات		دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		۴۸	
نظری		نظری		نظری		نظری			
عملی		عملی		عملی		عملی		۳	
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 تک پیمانه ای بررسی خواص و قضایا، روش سیمپلکس برای حل مساله شبکه، پیاده سازی روش سیمپلکس شبکه، مساله شبکه تعمیم یافته، شبکه های تباهیده و روشهای ضد دوری
۲. مساله حمل و نقل، تخصیص و تناظر شامل: تعاریف، مقدمات و کاربردها در گرافهای دوبخشی، 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 out-of-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 یالهای نامنفی، پیدا کردن کوتاهترین مسیر در شبکه های کلی
۵. مساله جریان چندکالایی 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:

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



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

هدف:

سرفصل درسی:

- مقدمه ای بر آنالیز محذب، زیرگرایانه‌های توابع محذب، مشتقات جهتی و وجود آنها، مخروطهای تانژانت 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 گلدشاین، ژاکوبی تعمیم یافته
- مخروط تانژانت و نرمال ها در حالت نامحذب، 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. Karmita, M. Makela, Introduction to nonsmooth optimization, Springer, (2014).
2. F.H. Clarke, Y.S. Ledyev, 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).



عنوان درس		فارسی		انگلیسی		بهرینه‌سازی و شبکه‌های عصبی	
نوع واحد		تعداد واحد		تعداد ساعت		دروس پیش‌نیاز	
پایه	اصلی	تخصصی	اختیاری	۴۸	۳	-	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
حل تمرین: ندارد		نیاز به اجرای پروژه عملی: ندارد					

هدف:

سرفصل درس :

- ۱- مقدمه: مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی پرسپترون، شبکه عصبی RBF، شبکه عصبی هاپفیلد و تانک، شبکه عصبی کندی و چائو، شبکه عصبی زیبا و وانگ و شبکه عصبی بازگشتی دیگر.
- ۲- پایداری: بررسی پایداری سیستم‌های دینامیکی، پایداری مجانبی سراسری، پایداری نمایی سراسری، پایداری به مفهوم لیاپانوف، 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 لسل، 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 مجانبی 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.



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

هدف:

سرفصل‌های درس:

- مقدمه‌ای بر آنالیز محدب
- مسائل بهینه‌سازی محدب (بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی درجه دو، برنامه‌ریزی هندسی، بهینه‌سازی برداری)
- دوگانگی (تابع دوگان‌گرانش، مساله دوگان‌گرانش، تعبیر هندسی، تعبیر نقطه زینی، 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، مرکزبایی، 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.



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 با تأکید 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 باشند. 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 بپردازند.

تعریف

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
تامین 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 تأکید 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 نوین حوزه رمز و کد بپردازند.

ضرورت و اهمیت

عصر جدید، عصر فناوری‌های نوین 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 محرمانگی هستند و نیاز به پردازش و ارسال سریع اطلاعات حجیم که نیازمند فناوری‌های نوین 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 جداول (۲) و (۳) (به غیر از دروس الزامی زیرشاخه) برای کلیه دانشجویان الزامی است.
- مابقی دروس شامل حداقل یک درس ۳ واحدی اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان نامه با نظر استاد راهنما و تایید نهایی گروه مجری تعیین می شود.
- با توجه به بین رشته ای بودن شاخه رمز و کد، دروس جدول های ۲ و ۳ قابل افزایش است و دانشجو با نظر استاد راهنما 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

پیشنیاز ورود: دارا بودن 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

