



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



برنامه درسی رشته

ریاضی کاربردی

Applied Mathematics

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته



گروه علوم پایه
پیشهادی دانشگاه صنعتی شریف



بیت

نام رشته: ریاضی کاربردی

عنوان گرایش: -

گروه تحصیلی: علوم پایه

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته

زیرگروه تحصیلی: علوم ریاضی

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته ریاضی کاربردی، در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می شوند، قابل اجرا است.

ماده دو - این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته ریاضی کاربردی مصوب جلسه ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

ماده سه - این برنامه درسی نمی تواند به صورت همزمان با برنامه درسی ریاضی کاربردی دارای گرایش در یک دانشگاه یا موسسه آموزش عالی پذیرش دانشجو داشته باشد.

ماده چهار - این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می شود.

ماده پنج - این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر قاسم عمو عابدینی
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون

دکتر رضا نقی زاده
مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی
و دبیر کمیسیون





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



برنامه درسی رشته

ریاضی کاربردی

APPLIED MATHEMATICS

مقطع کارشناسی ارشد

تهیه کننده:

دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه صنعتی شریف



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



الف) مقدمه

دوره کارشناسی ارشد (ناپیوسته) رشته «ریاضی کاربردی» دوره‌ای برای تحصیلات پس از دوره کارشناسی است که مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی همراه با فعالیت‌های مقدماتی پژوهشی را در بردارد. در این دوره در دانشکده علوم ریاضی دانشگاه صنعتی شریف دانشجو می‌تواند با تمرکز بر یک زمینه تخصصی خاص، که بر اساس مقررات این برنامه با توجه به دروس اخذ شده وی در پایان دوره تحصیلی مشخص می‌شود، دانش آموخته شود. بدین ترتیب دانش-آموختگان این دوره قابلیت‌های لازم را برای ارائه خدمات آموزشی در مقاطع قبلی یا ارائه خدمات تخصصی در سطحی بالاتر از کارشناسی مرتبط با کاربرد ریاضیات در بخش‌های متنوع سازمانی، صنعتی، اجتماعی و اداری را خواهند داشت؛ یا حتی می‌توانند بدون تمرکز بر زمینه تخصصی خاص و با گسترش معلومات پایه‌ای و تخصصی خود در این رشته و یا با ادامه علایق خود در زمینه تخصصی انتخاب شده، در مقطع بالاتر (دکتری) به ادامه تحصیل بپردازند.

ب) ضرورت و اهمیت

با توجه به گسترش کاربردهای ریاضیات به عنوان یک علم مادر و پایه در جنبه‌های گوناگون علمی، صنعتی، اجتماعی و اداری، جوامع امروزی ضرورت تربیت افراد متخصص در همه سطوح آموزش عالی بی‌تردید وجود دارد. با ایجاد این دوره کارشناسی ارشد، امکان استفاده موثر از نیروهای متخصص موجود در دانشگاه‌های کشور در جهت تربیت نیروی مورد نیاز در زمینه‌های آموزشی، تحقیقاتی و کاربردی فراهم می‌آید و قدم‌های موثری در راستای تحقق آرمان‌های استقلال و خودکفائی جامعه برداشته می‌شود.

ج) تعداد و نوع واحدهای درسی

تعداد کل واحدهای درسی دوره شامل ۳۲ واحد و به شرح زیر است.

(الف) دروس جبرانی بنا بر تشخیص استاد راهنما و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده

(ب) دروس الزامی: گذراندن درس آنالیز حقیقی و یک درس دیگر از جداول ۱ یا ۲

(پ) دروس انتخابی زمینه تخصصی: انتخاب و گذراندن ۸ واحد از یکی از جداول زمینه‌های تخصصی (جداول

۳ یا ۴)

(ت) دروس اختیاری: گذراندن ۸ واحد از هر کدام از دروس تحصیلات تکمیلی دانشکده علوم ریاضی با نظر

استاد راهنما

(ث) سمینار: ۲ واحد

(ج) پایان‌نامه کارشناسی ارشد: ۶ واحد



توضیحات:

(۱) در صورتی که دانشجو در مقطع قبلی درس آنالیز حقیقی یا حداقل یکی از دروس اصلی جداول ۱ یا ۲ را گذرانده باشد، با درخواست دانشجو درس یا درس‌های جایگزین با نظر شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده تعیین و به وی اعلام می‌شود.

(۲) در صورت تحصیل دانشجو در شیوه آموزشی-پژوهشی، تعیین استاد راهنمای پایان‌نامه کارشناسی ارشد تا پایان نیمسال دوم تحصیلی الزامی است.

(۳) در صورت تقاضای دانشجو و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و رعایت سایر مقررات، دانشجو می‌تواند در شیوه آموزش محور و با گذراندن ۶ واحد درسی به جای پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ادامه تحصیل داده و در صورت احراز شرایط دانش آموخته شود.

(۴) در صورت تقاضای دانشجو و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده، دانشجو می‌تواند با گذراندن درس آنالیز حقیقی، دو درس از اجتماع دروس موجود در جداول ۱ و ۲، گذراندن یک درس از مجموعه دروس موجود در جداول ۳ و ۴ و همچنین گذراندن ۸ واحد درس اختیاری، بدون انتخاب زمینه تخصصی دانش آموخته شود. در این حالت هیچگونه منعی برای اخذ و گذراندن دروس دیگر موجود در جداول دروس تخصصی ۱ تا ۴ یا بقیه دروس تحصیلات تکمیلی دانشکده به عنوان ۸ واحد درس اختیاری باقیمانده توسط دانشجو وجود ندارد.

جدول (الف) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس الزامی مشترک	۴
دروس الزامی تخصصی	۴
دروس انتخابی زمینه تخصصی	۸
دروس اختیاری	۸
دروس سمینار	۲
رساله / پایان‌نامه	۶
جمع	۳۲



دروس الزامی

دروس الزامی در این برنامه به شرح زیر هستند:

- الزامی مشترک: گذراندن درس «آنالیز حقیقی» برای همه دانشجویان رشته ریاضی کاربردی الزامی است.
- الزامی - تخصصی: دانشجویانی که علاقه‌مند به تمرکز در یک زمینه تخصصی هستند باید از یکی از جداول ۱ یا ۲ حداقل یک درس را بگذرانند. دانشجویانی که علاقه‌مند به انتخاب برنامه بدون انتخاب زمینه تخصصی هستند باید حداقل دو درس از مجموع دروس موجود در جداول ۱ و ۲ را بگذرانند.

(د) شرایط و ضوابط ورود به دوره

در دوره تحصیلی «کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی»، مطابق این برنامه، امکان پذیرش دانشجو فقط با یک کدرشته‌محل در دفترچه انتخاب رشته سازمان سنجش آموزش کشور، به صورت تجمعی و بدون قید گرایش یا زمینه تخصصی، برای دانشگاه صنعتی شریف وجود دارد. دانش‌آموختگان این دوره در نهایت، با توجه به انتخاب مسیر تحصیلی خود مطابق ضوابط این برنامه آموزشی، با مدرک «کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی» بدون قید گرایش در دانشنامه خود دانش‌آموخته می‌شوند. مقررات تحصیل در این دوره مطابق با آیین‌نامه‌ها و ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، مقررات تحصیل در دوره‌های کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف و مقررات تحصیل در دوره‌های کارشناسی ارشد در دانشکده علوم ریاضی است.



جدول (*)- دروس الزامی مشترک

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	آنالیز حقیقی Real Analysis	۴				۶۴			

جدول (۱)- دروس الزامی زمینه تخصصی ریاضیات محاسباتی و کاربردی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	آنالیز عددی پیشرفته Advanced Numerical Analysis	۴				۶۴			
۲	بهینه سازی Optimization	۴				۶۴			
۳	نظریه معادلات دیفرانسیل عادی Theory of Ordinary Differential Equations	۴				۶۴		نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)	

جدول (۲)- دروس الزامی زمینه تخصصی ریاضیات تصادفی و علوم داده

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	فرآیند تصادفی کاربردی Applied Stochastic Processes	۴				۶۴			
	یادگیری آماری Statistical Learning	۴				۶۴			

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



زمینه‌های تخصصی و دروس هر زمینه

زمینه‌های تخصصی دوره کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی در دانشکده علوم ریاضی دانشگاه صنعتی شریف و در زمان تصویب این برنامه شامل دو زمینه زیر است، که برای ادامه تحصیل در هر زمینه تخصصی توسط دانشجو، لازم است وی حداقل ۸ واحد از دروس اصلی مربوط به آن زمینه تخصصی را از جداول ۳ یا ۴ بگذراند.

- ریاضیات محاسباتی و کاربردی (جدول ۳)
- ریاضیات تصادفی و علوم داده (جدول ۴)

تبصره ۱: بر حسب تحولات جدید در رشته ریاضی کاربردی و تخصص‌های موجود، زمینه‌های تخصصی دیگری می‌توانند مطرح و با رعایت ضوابط به برنامه اضافه شوند.

تبصره ۲: هرچند دروس الزامی- تخصصی جداول ۱ و ۲ در جداول ۳ و ۴ تکرار شده‌اند، اما ۸ واحد دروس زمینه تخصصی باید علاوه بر درسی باشد که به عنوان درس الزامی- تخصصی انتخاب شده است.



جدول (۳) - دروس اصلی زمینه تخصصی ریاضیات محاسباتی و کاربردی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	آنالیز عددی پیشرفته Advanced Numerical Analysis	۴				۶۴		آنالیز عددی	
۲	بهینه سازی Optimization	۴				۶۴			
۳	نظریه معادلات دیفرانسیل عادی Theory of Ordinary Differential Equations	۴				۶۴		نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)	
۴	برنامه ریزی صحیح Integer programming	۴				۶۴			
۵	بهینه سازی محدب Convex Optimization	۴				۶۴			
۶	بهینه سازی غیرخطی Nonlinear Optimization	۴				۶۴			
۷	جبر خطی عددی و داده کاوی Numerical Linear Algebra and Data Mining	۴				۶۴		روش های عددی در جبر خطی	
۸	حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی Numerical Solution of Ordinary Differential Equations	۴				۶۴		آنالیز عددی پیشرفته	
۹	حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی Numerical Solution of Partial Differential Equations	۴				۶۴		آنالیز عددی پیشرفته	
۱۰	روش عناصر متناهی Finite Elements Method	۴				۶۴		آنالیز عددی پیشرفته، آنالیز حقیقی، معادلات دیفرانسیل جزئی	
۱۱	کنترل بهینه Optimal Control	۴				۶۴			
۱۲	ریاضیات زیستی Mathematical Biology	۴				۶۴			
۱۳	مباحثی در ریاضیات کاربردی Topics in Applied Math	۴				۶۴			

جدول (۴) - دروس اصلی زمینه تخصصی ریاضیات تصادفی و علوم داده

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	فرآیندهای تصادفی کاربردی Applied Stochastic Processes	۴				۶۴			
۲	فرآیندهای تصادفی پیشرفته Advanced Stochastic Processes	۴				۶۴		فرآیندهای تصادفی	
۳	هندسه تصادفی Stochastic Geometry	۴				۶۴		فرآیندهای تصادفی	
۴	ماتریس‌های تصادفی Random Matrices	۴				۶۴		فرآیندهای تصادفی	
۵	مبانی ریاضی علوم داده Mathematical Foundations of Data Science	۴				۶۴			
۶	بهینه سازی در علوم داده‌ها Optimization for Data Science	۴				۶۴			
۷	نظریه پیشرفته آمار Advanced Theory of Statistics	۴				۶۴			
۸	یادگیری آماری Statistical Learning	۴				۶۴			
۹	یادگیری پیشرفته Advanced Learning	۴				۶۴			
۱۰	مدل سازی و تحلیل داده‌های با بعد بالا High Dimensional Data Modeling and Processing	۴				۶۴			
۱۱	مدل‌های گراف‌ی و استنباط علی Graphical Models and Causal Inference	۴				۶۴		فرآیندهای تصادفی	
۱۲	روش‌های عددی در معادلات دیفرانسیل تصادفی Numerical Methods in SDE's	۴				۶۴		آنالیز تصادفی	
۱۳	ریاضیات مالی Mathematical Finance	۴				۶۴		آنالیز تصادفی	
۱۴	نظریه پیشرفته احتمال Advanced Theory of Probability	۴				۶۴		آنالیز حقیقی	
۱۵	مباحثی در ریاضیات تصادفی و علوم داده Topics in Stochastics and Data Science	۴				۶۴			

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

این بخش شامل سرفصل و اطلاعات دروس اصلی، دروس انتخابی و برخی دروس اختیاری مرتبط با برنامه است. دروس اختیاری برنامه محدود به دروس ارائه شده در این بخش نیستند و همه دروسی که توسط دانشکده علوم ریاضی ارائه شده و به عنوان درس اختیاری برای این برنامه مجاز تعیین شوند می‌توانند توسط دانشجو گذرانده شده و در تطبیق نهایی دروس دانشجو مورد تایید قرار گیرند.



عنوان درس به فارسی:		آنالیز حقیقی	
عنوان درس به انگلیسی:		Real Analysis	
دروس پیش نیاز:		نظری ☒ پایه ☐	
دروس هم نیاز:		تخصصی ☒ عملی ☐	
تعداد واحد:	۴	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

آشنایی دانشجویان با مفاهیم بنیادین نظریه اندازه، نظریه انتگرال لبگ، فضاهای باناخ - هیلبرت و فضاهای L^p .

سرفصل درس

۱- نظریه اندازه و انتگرال با تاکید روی اندازه لبگ R و R^n :

اندازه بیرونی، کامل و منظم-اندازه پذیری، توابع اندازه پذیر، قضایای اگوروف و لوزین، لم فاتو و قضیه تسلطی لبگ، مقایسه انتگرال پذیری ریمان و لبگ، اندازه علامت دار (مختلط، برداری) و به طور مطلق پیوسته، همگرایی در اندازه، اندازه حاصلضرب، قضایای فوبینی و تونلی

۲- قضایای پوششی:

لم ویتالی و کاربردهای آن در مشتق پذیری توابع، توابع با تغییرات کراندار و به طور مطلق پیوسته

۳- نظریه اندازه و انتگرال مجرد:

فضاهای اندازه مجرد، سیگما جبر، اندازه های بیرونی و قضیه کاراتئودوری، اندازه های بیرونی متریک، اندازه برل، قضیه توسعه یک اندازه پیشین، انتگرال روی فضاهای متریک.

۴- مقدماتی از آنالیز تابعی:

فضاهای باناخ و مثال های مهم آن مانند L^p و l^p و بررسی دوگان آن ها و خواص مهم آن ها، قضیه ریس، قضیه هان- باناخ، قضیه کراندار یکنواخت، قضایای نگاشت باز و گراف بسته.

۵- فضاهای هیلبرت و کاربردهای آن:

ضرب داخلی و قضایای مربوطه مانند نامساوی کوشی شوارتز، پایه متعامد یکه، اتحاد پارسوال، کمترین فاصله تا مجموعه محدب، تصویر متعامد، قضیه نمایش ریس، قضیه رادون- نیکودیم

مراجع

[۱] E. M. Stein, R. Shakarchu, Real Analysis: Measure Theory, Integration, and Hilbert Spaces, Princeton University Press, ۲۰۰۵.

[۲] Stein, Elias M., and Rami Shakarchi, Functional analysis. Princeton University Press, ۲۰۱۱.

[۳] Bruckner, A. M., J. B. Bruckner, and B. S. Thomson, Real analysis, ۲۰۰۸.





عنوان درس به فارسی:		آنالیز عددی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Numerical Analysis	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒		آنالیز عددی	
تخصصی ☒ عملی ☐			
اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۴	
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

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.

سرفصل درس

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 (ضرب 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 ویراشتراس؛ تقریب یکنواخت؛ صورت قضیه هم‌نوسانی؛ چندجمله‌ای‌های چیشف و ویژگی‌های آن‌ها؛ تقریب در نرم دو؛ معادلات نرمال؛ دستگاه یک‌متعامد؛ چندجمله‌ای‌های متعامد و خواص آن‌ها؛ تقریب فوری؛ تقریب کمترین مربعات گسسته.

درونیایی: مسئله وجود و یکتایی؛ فرمول‌های درونیایی لاگرانژ؛ نیوتن، گرانیگی 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 باده؛ 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 - گوته؛ برآورد خطا به کمک فرمول هسته پتانو؛ فرمول‌های گاوسی (گاو - لژاندر، گaus - چیشف، گaus - ژاکوبی، گaus - لوباتو، گaus - رادو)؛ برآورد خطا؛ بسط اوایلر - 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

- [۱] R. Kress, Numerical Analysis. Springer, ۱۹۹۸.
- [۲] D. R. Kincaid, E.W. Cheney, Numerical Analysis: Mathematics of Scientific Computing. ۳rd. Ed., Brooks Cole, ۲۰۰۱.
- [۳] J. Stoer, B. Bulirsch, Introduction to Numerical Analysis. ۳rd. Ed., Springer, ۲۰۰۲.
- [۴] A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Numerical Mathematics, ۲nd. Ed., Springer, ۲۰۰۷.
- [۵] G. Dahlquist, A. Bjork, Numerical Methods in Scientific Computing. Volume I, SIAM, ۲۰۰۸.
- [۶] W. Gautschi, Numerical Analysis, ۲rd. Ed., Birkhauser, ۲۰۱۲



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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

بررسی تحلیلی روش های پیشرفته و برخی روش های جدید بهینه سازی خطی و ارایه الگوریتم های مربوط، شرایط لازم و شرایط کافی برای کمینه کننده های مسایل بهینه سازی غیرخطی.

سرفصل درس

چندوجهی ها در R^n ، نقاط رأسی، جهت های رأسی، 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، تباہیدگی و اثرات آن، مطالعه تحلیلی روش های M -بزرگ و دوفازی، پدیده دوران، قاعده لکزیکوگرافی و قاعده بلاند برای جلوگیری از دوران، 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 زاید (مکمل لنگی))، الگوریتم های سیمپلکس دوگان و اولیه-دوگان، تحلیل حساسیت، برنامه-ریزی صحیح (الگوریتم های شاخه و کران، و صفحه برشی)، مساله های حمل و نقل و تخصیص بهینه، حل مساله جریان بیشینه در شبکه و کاربرد آن در حل مساله تخصیص، مجموعه های محدب، توابع محدب و شرایط تحلیلی مربوط برای تشخیص آن ها، شرایط لازم برای کمینه کننده مسایل بهینه سازی غیرخطی نامقید و مقید (شرایط فریتز-جان و شرایط فروش-کیون-تاکر، KKT)، شرایط کافی مرتبه دوم، و رویکرد روش های نقطه درونی برای حل مسایل بهینه سازی خطی.

مراجع

۱. برنامه ریزی خطی و غیرخطی، لوئیس گر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمدحسین پورکاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱.

[۲] M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, Linear Programming and Network Flows, John Wiley and Sons, ۴th edition, ۲۰۱۰.

[۳] K.G. Murty, Linear Programming, Wiley, ۱۹۸۳.

[۴] D. Bertsimas, J.N. Tsitsiklis, Introduction to Linear Optimization, Belmont, Massachusetts, March, ۲۰۰۸.

[۵] D. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, Springer, ۴th edition, ۲۰۱۶.



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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

تحلیل روش های برنامه ریزی عدد صحیح و ارایه الگوریتم ها برای حل.

سرفصل درس

مدل سازی با متغیرهای صحیح، آمیخته و دودویی، فاصله جواب های یک مساله برنامه ریزی خطی صحیح و مساله برنامه ریزی خطی آزاد شده، چند وجهی ها، مخروط مشخصه، چند وجهی های صحیح، مخروط های چند وجهی و پایه هیلبرت، سیستم TDI، سیستم دوگان صحیح جعبه ای، ماتریس تک مدولی کامل: تست، مشخص سازی، و مثال به خصوص ماتریس شبکه ای، قضیه تجزیه سیمور، تست شبکه ای بودن یک ماتریس، ماتریس متعادل، وجه ها و فست ها، نامعادلات معتبر و تعیین کننده های فست، نامعادلات حذف زیر دور برای TSP، قضیه کاراتئودری، قضیه دویگنان، کاربردهایی از عملگر تصویر و ارتقا (Balas-Ceria-Cornuéjols (BCC، سایر عملگرهای تصویر و ارتقا، روش های شاخه و کران استراتژی های انتخاب شاخه، و صفحات برش، شاخه و برش، روش آزاد سازی، تجزیه بندرز، مسائل بهینه سازی و جداسازی و ارتباط بین آنها.

مراجع

- [۱] D. Bertsimas, R. Weismantel, *Optimization over Integers*, Dynamic Ideas, ۲۰۰۵.
- [۲] L.A. Wolsey, G.L. Nemhauser, *Integer and Combinatorial Optimization*, Wiley-Interscience, ۱۹۹۹.
- [۳] A. Schrijver, *Theory of Integer and Linear Programming*, Wiley-Interscience, ۱۹۹۸.
- [۴] A. Schrijver, *Combinatorial Optimization, Polyhedral and Efficiency*, Springer, ۲۰۰۳.
- [۵] E. Balas, S. Ceria, G. Cornuéjols, *A lift-and-project cutting plane algorithm for mixed 0-1 programs*, Mathematical Programming, ۵۸ (۱۹۹۳) ۲۹۵-۳۲۴.



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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

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

سرفصل درس

مدل های بهینه سازی غیر خطی نامقید و مقید، شرایط لازم و شرایط کافی برای جواب مسایل مربوط، روش های حل مسایل غیر خطی نامقید شامل جهت های مزدوج، گرادیان های مزدوج، روش های گرادیان، نیوتن و شبه نیوتن شامل روش های سکانت، روش های جستجوی خطی و ناحیه اعتماد، روش ها برای مسایل مقید شامل برنامه ریزی درجه دوم متناوب، مجموعه موثر، تصویر گرادیان، روش ها بر اساس توابع جریمه ای شامل توابع جریمه ای دقیق و لاگرانژی فزوده، و روش های نقطه درونی غیر خطی.

مراجع

۱. برنامه ریزی خطی و غیر خطی، لوئیس گر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمد حسین پور کاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱

[۲] J. Nocedal, and S.J. Wright, Numerical Optimization, Springer-Verlag, ۲nd Edition, ۲۰۰۶.

[۳] R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Prentice Hall, ۱۹۹۱.

[۴] M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty, Nonlinear Programming: Theory and Algorithms. Wiley, New York, ۲۰۰۶.

[۵] D. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, Springer, ۴th edition, ۲۰۱۶.



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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

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

سرفصل درس

یادآوری مباحثی از جبر خطی و ماتریس‌ها، روش QR، تقریب با کمترین مربعات، تجزیه ماتریسی: شامل تجزیه‌ی مقدارهای منفرد یا تجزیه‌ی مقدارهای تکین (SVD)، تجزیه ماتریس‌های نامنفی (NMF)، تجزیه ماتریس‌های دودویی (BMF)، روش تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (PCA)، روش‌های کاهش رتبه ماتریس، روش زیرفضای کرایلِف و تقریب ماتریسی و کاربرد آن در فشرده‌سازی تصاویر. کاربردها شامل: متن کاوی و بازیابی اطلاعات، خوشه‌بندی و بازیابی اطلاعات، جست‌وجو در وب و مرتبه صفحات وب، تجزیه تانسور، تجزیه و تحلیل داده‌های ژنتیکی، تجزیه و تحلیل تصاویر و ...

مراجع

- [۱] Boyd, Stephen P., and Lieven Vandenberghe. Introduction to Applied Linear Algebra: Vectors, Matrices, and Least Squares. Cambridge University Press, ۲۰۱۸.
- [۲] Eldén, Lars. Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition. Society for Industrial and Applied Mathematics, ۲۰۰۷.
- [۳] Friedman, Jerome, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. New York: Springer Series in Statistics, ۲۰۰۱.



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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

در این درس به مطالعه مجموعه‌های محدب، توابع محدب و مسائل بهینه‌سازی محدب پرداخته می‌شود.

سرفصل درس

- بخش اول درس به مبانی آنالیز محدب و نظریه بهینه‌سازی محدب شامل مباحث شرایط بهینگی، نظریه دوگانگی، قضایای دگرین و کاربردهای آن‌ها می‌پردازد.
- در بخش دوم درس کاربردهای متنوعی از کلاس‌ها مختلف مسائل بهینه‌سازی محدب مانند کمترین مربعات، برنامه‌ریزی خطی و مربعی، برنامه‌ریزی نیمه‌معین و برنامه‌ریزی هندسی پوشش داده خواهند شد.
- در نهایت در بخش سوم و پایانی درس به روش‌های عددی برای حل مسائل بهینه‌سازی هموار و با قید تساوی و سپس الگوریتم نقطه داخلی برای مسائل با قید نامساوی پرداخته خواهد شد.
- در طول درس و به طور خاص در بخش دوم، دانشجویان مثال‌های متنوعی از مدل‌سازی کاربردهایی در سامانه‌های زیستی، هندسه‌ی محاسباتی، آمار، یادگیری ماشین، مهندسی برق و ... با مسائل بهینه‌سازی خواهند دید.

مراجع

- [۱] Boyd, Stephen P., and Lieven Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, ۲۰۰۴.
- [۲] Nesterov, Yurii. Lectures on Convex Optimization. Springer, ۲۰۱۸.



عنوان درس به فارسی:		حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی	
عنوان درس به انگلیسی:		Numerical Solution of Ordinary Differential Equations	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		آنالیز عددی پیشرفته	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۴	
تعداد ساعت:		۶۴	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

در این درس دانشجویان روش های عددی حل معادلات دیفرانسیل معمولی را به همراه آنالیز خطا و پایداری فرا می گیرند.

سرفصل درس

روش های کلاسیک: روش های اویلر پیشرو و پسرو و دوزنقه ای به همراه آنالیز خطا و آنالیز خطای مجانبی (برونیایی ریچاردسون)، پایداری عددی، A- پایداری و صفر - پایداری، رابطه بین پایداری، سازگاری و همگرایی، تاثیر خطاهای گرد کردن، حل دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی.

روش های رونگه - کوتا: جدول ضرایب بوچر، همگرایی، پایداری و خطای مجانبی روش های رونگه - کوتای صریح، روش های پیشگو و اصلاح خطا در این روش ها؛ روش های رونگه - کوتا - فلنبرگ، روش های رونگه - کوتای ضمنی و جدول ضرایب بوچر، آنالیز همگرایی و پایداری آن ها، حوزه های پایداری.

روش های چند گامی: روش های آدامز - بشفورت و آدامز - مولتن، آنالیز خطا، پایداری و سازگاری، پایداری نسبی و پایداری ضعیف و مفهوم G- پایداری، حوزه های پایداری این روش ها، نحوه پیاده سازی.

مراجع

- [۱] D. Lambert (۱۹۹۱). Numerical Methods for Ordinary Differential Equations: The Initial Value Problems, ۲nd. Ed., Wiley.
- [۲] J. C. Butcher (۲۰۰۳). Numerical Methods for Ordinary Differential Equations, Wiley.
- [۳] R. J. LeVeque (۲۰۰۷). Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, SIAM.
- [۴] K. E. Atkinson, W. Han, D. Stewart (۲۰۰۹). Numerical Solution of Ordinary Differential Equations. Wiley.
- [۵] D. F. Griffiths and D. J. Higham (۲۰۱۰). Numerical Methods for Ordinary Differential Equations. Springer.



عنوان درس به فارسی:		حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی	
عنوان درس به انگلیسی:		Numerical Solution of Partial Differential Equations	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		آنالیز عددی پیشرفته	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۴	
تعداد ساعت:		۶۴	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف

عمده این درس حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی با روش های تفاضلات منتهی است. دانشجویان در این درس با روش های حل معادلات بیضوی، سهموی و هذلولوی آشنا می شوند و نحوه انجام آنالیزهای پایداری و خطای آن ها را آموزش می بینند. معایب و محاسن روش FDM را تشخیص می دهند و برای روش های عددی دیگر در حل این نوع معادلات کاملاً آماده می شوند. پس از اتمام این درس دانشجو تقریباً برای حل هر معادله ی دیفرانسیل مقدار مرزی ایده ای خواهد داشت.

پیش نیازهای 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 نرم افزارهای ریاضی مانند Matlab و یا یکی از زبان های برنامه نویسی مانند Fortran یا C داشته باشد.

سرفصل درس

دسته بندی و دیدگاه های 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 منتهی روی نواحی منظم و نامنظم.

حل تفاضلات منتهی معادلات بیضوی: طرح های تفاضلات منتهی 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 منتهی در مختصات قطبی و کروی، طرح های تفاضل منتهی فشرده.

حل تفاضلات منتهی معادلات سهموی: روش های صریح و ضمنی و وزنی به همراه خطاهای برشی و اثبات سازگاری، آنالیز پایداری آن ها با روش های مختلف (روش فوریه، روش ماتریسی و غیره)، اثبات همگرایی به کمک اصل ماکسیمم، روش های 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 روش های صریح و روش های 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 منتهی 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، طرح های تفاضلاتی لکس-وندورف و لکس-فردریش، box و leap-frog، آنالیز خطا و پایداری طرح های گفته شده، طرح های TVD، معادلات قانون بقا، مختصری درباره ی روش حجم های منتهی (FVM) برای معادلات قانون بقا، بررسی حالت دو بعدی، حل تفاضلات منتهی معادله موج دو طرفه.

مراجع

- [۱] J. W. Thomas (۱۹۹۵). Numerical PDE: Finite Difference Methods, Vol, ۱. Springer.
- [۲] J. W. Thomas (۱۹۹۹). Numerical PDE: Conservation Laws Elliptic Equations, Vol. ۱۱, Springer.
- [۳] G. Evans, J. Balkedge and P. Yardley (۲۰۰۰). Numerical Methods for PDE, Springer.
- [۴] W. F. Ames (۲۰۰۴). Numerical Methods for Partial Differential Equations, ۲nd, Ed., Academic Press.
- [۵] J. C. Strikwerda (۲۰۰۴). Finite Difference schemes and Partial Differential Equations. ۲nd. Ed., SIAM.
- [۶] K. W. Morton, D. Mayers (۲۰۰۵). Numerical Solution of Partial Differential Equations, ۲nd, Ed., Cambridge University Press.
- [۷] R. M. M. Mattheij, S. W. Rienstra, J. H. M. Thijse Boonkamp (۲۰۰۵). Partial Differential Equations: Modeling, Analysis, Computation, SIAM.
- [۸] R. LeVeque (۲۰۰۷). Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, SIAM.

عنوان درس به فارسی:		روش عناصر متناهی	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Elements Method	
دروس پیش نیاز:		آنالیز عددی پیشرفته، آنالیز حقیقی، معادلات دیفرانسیل جزئی	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۴	
تعداد ساعت:		۶۴	
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☒ نظری			
☒ تخصصی ☐ عملی			
☐ اختیاری ☐ نظری-عملی			
☐ رساله / پایان نامه			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

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

سرفصل درسی

آنانیز تابعی: فضا‌های هیلبرت، قضیه نمایش ریس، معرفی مشتق ضعیف، فضاها و نرم‌های سوبولف، نامساوی سوبولف و پوانکاره (بدون اثبات)

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

روش گالر کین: قضیه تصویر، روش گالر کین برای یک مسئله تغییراتی

درونیایی چندجمله‌ای و تقریب‌های عناصر متناهی: مروری بر درونیایی به وسیله‌ی چندجمله‌ای‌ها در فضاهاى یک بعدی و دو بعدی و کران خطای درونیایی قطعه‌ای خطی چندجمله‌ای 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. معرفی عناصر مثلثی، و مستطیلی، معرفی عناصر پیوسته و هموار.

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

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

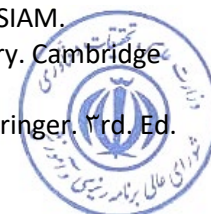
روش عناصر متناهی برای معادلات سهموی: نیم گسسته سازی معادله گرما نسبت به مکان با روش عناصر متناهی، آنالیز پایداری و آنالیز خطای پیشین، گسسته سازی کامل معادله گرما با ترکیب با گسسته سازی زمانی به وسیله تفاضل متناهی و آنالیز خطای پیشین آن.

روش عناصر متناهی برای معادلات هذلولوی: نیم گسسته سازی معادله موج نسبت به مکان با روش عناصر متناهی، آنالیز پایداری قانون بقای انرژی و آنالیز خطای بیشین، گسسته سازی کامل معادله موج با ترکیب با گسسته سازی زمانی به وسیله تفاضل متناهی و آنالیز خطای بیشین آن.

پیاده‌سازی: برنامه نویسی روش عناصر متناهی، روش‌های حل مستقیم و تکراری ماتریس سختی و ماتریس جرم

مراجع

- [1]. G. Strang, G. J. Fix (1973). An Analysis of 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.
- [3]. M. S. Gockenback (2006). Understanding and Implementing the Finite Element Method. SIAM.
- [5]. D. Braess (2007). Finite Elements, Theory, Fast Solvers, and Application in Elasticity Theory. Cambridge University Press, 3rd. Ed.
- [6]. S. C. Brenner, L. R. Scott (2008). The Mathematical Theory of Finite Element Methods. Springer. 2nd. Ed.



عنوان درس به فارسی:		کنترل بهینه	
عنوان درس به انگلیسی:		Optimal Control	
دروس پیش نیاز:		☐ پایه ☒ نظری	
دروس هم نیاز:		☒ تخصصی ☐ عملی	
تعداد واحد:		۴	☐ نظری-عملی ☐ اختیاری
تعداد ساعت:		۶۴	☐ رساله / پایان نامه

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

در نظریه کنترل بهینه هدف پیدا کردن یک تابع (کنترل) در فضای حالت است که تابع هزینه را مینیمم کند. این مسایل کاربرد فراوانی در صنعت و علوم دیگر دارد.

سرفصل درس

مثالهایی از کاربرد کنترل بهینه

برنامه ریزی غیر خطی: تعاریف بهینگی، برنامه ریزی محدب، مسائل مقید و نامقید، شرایط بهینگی و شرط کروش کیون تا کر، روش لاگرانژی

برنامه ریزی پویا: اصل بهینگی، رابطه بازگشتی برنامه ریزی پویا، معادلات همیلتون-ژاکوبی-بلمن
حساب تغییرات: تعاریف و وجود جواب بهینه، شرط لازم اولر، شرط لازم مرتبه دوم و شرط کافی، شرایط لازم ویراشتراس، مسائل با قیود تساوی و نامساوی

کنترل بهینه: سیستم های پویا، وجود جواب بهینه، دیدگاه تغییراتی، اصول ماکسیمم، روشهای عددی کنترل بهینه
کنترل بهینه با قیود معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی: معادلات کنترلی بیضوی خطی، معادلات کنترلی سهموی خطی، معادلات کنترلی شبه خطی

مراجع

- [۱] Kirk, Donald; Optimal Control Theory: An Introduction, New York, NY: Dover, ۲۰۰۴.
- [۲] Fredi Tröltzsch; Optimal control of partial differential equations. Theory, methods and applications, [Graduate Studies in Mathematics, ۱۱۲](#). American Mathematical Society, Providence, RI, ۲۰۱۰.
- [۳] Benoit C. Chachuat, Nonlinear and dynamic optimization from theory to practice, IC-۳۲: Winter Semester ۲۰۰۶/۲۰۰۷.



ریاضیات زیستی		عنوان درس به فارسی:
Mathematical Biology		عنوان درس به انگلیسی:
نوع درس و واحد		دروس پیش نیاز:
☐ پایه ☒ نظری		دروس هم نیاز:
☐ عملی ☒ تخصصی		تعداد واحد:
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری	۴	تعداد ساعت:
☐ رساله / پایان نامه	۶۴	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

زیست شناسی ریاضی به عنوان یک رشته متمایز در حال حاضر به خوبی شناخته شده است. اکنون مدل سازی ریاضی در هر رشته ای در علوم زیست پزشکی کاربرد دارد. زیست ریاضی در قالب مدل سازی های ریای پدیده های زیست شناسی به برخی از سوالات می تواند پاسخ دهد. هدف از مدل سازی نظری در علوم زیست پزشکی، کشف فرآیندهای زیست شناختی پایه است که در یک پدیده خاص مشاهده می شود. این مدل سازی در مسائلی از قبیل پویایی تعاملات جمعیت در اپیدمیولوژی، ارتباطات عصبی و پردازش اطلاعات، رشد تومورها ارائه شده است. در این درس به برخی از مدل های ریاضی پدیده های زیستی و پزشکی می پردازیم و انواع مدل هایی که می توانند در مدل کردن پدیده های پزشکی به کار روند را تشریح خواهیم نمود.

سرفصل درس

خیز در مدل های جمعیتی تک گون ها، چندگون ها و برهمکنش گونه ها، سیستم بیولوژی و ساختن مدل های ریاضی برای پدیده های زیستی، خزندگان، خدمات اجتماعی - درمانی، برهمکنش های انسانی، نوسانات بیولوژیکی، اختلال، اختلالات کیندر دستگاه های زیستی، تقابل ضعیف و قوی نوسانگرهای زیستی، مدل های دینامیکی بیماری ها شامل دستگاه دفاعی، تهاجم انگلی، تأخیر در عملکرد دستگاه ایمنی، گسترش بیماری و مدل های واگیر، مدل های دینامیکی واکنش های شیمیایی زیستی، معادلات نفوذ، مدل های فضائی، ظهور الگوها، مدل های ریاضی تکامل.

مراجع

- [۱] Kuang, Y, Delary Differential Equations with Applications in population Dynamics, Academic Press, ۱۹۹۳.
- [۲] Levis, M.A, Chaplain, M.J, Keener, J. P. Maini, Ph. K. (editors), Mathematical Biology, AMS, ۲۰۰۹.
- [۳] Murray, J..D , Mathematical Biology, an Introduction, ۳th Edition, Springer, ۲۰۰۷.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در ریاضی کاربردی		عنوان درس به انگلیسی: Topics in Applied Math	
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☒ نظری		دروس پیش نیاز:	
☐ عملی ☒ تخصصی		دروس هم نیاز:	
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری		۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

سرفصل درس

مباحث این درس با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می شود.

مراجع

کتاب ها و مقالات در مجله های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می شوند.



عنوان درس به فارسی:		نظریه معادلات دیفرانسیل عادی	
عنوان درس به انگلیسی:		Theory of Ordinary Differential Equations	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒		نظریه مقدماتی معادلات دیفرانسیل (کارشناسی)	
تخصصی ☒ عملی ☐			
اختیاری ☐ نظری-عملی ☐			
رساله / پایان نامه ☐			
		۴	تعداد واحد:
		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

سرفصل درس

دستگاه‌های معادلات خطی با ضرایب ثابت: دستگاه‌های خطی جفت نشده، قطری سازی، توان‌های عملگر، قضیه اساسی حل دستگاه‌های خطی، دستگاه‌های خطی در صفحه، یادآوری 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 لپ شیتز، وجود با شرط پیوستگی و قضیه پئانو، ادامه جواب بازه ماکسیمال وجود، جواب‌های سرتاسری، جریان وابسته به یک معادله دیفرانسیل، وابستگی پیوسته نسبت به شرایط اولیه، وابستگی مشتق پذیر نسبت به شرایط اولیه، خطی سازی.

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

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

مراجع

[۱] Coddington, E. A., and Levinson. N., Theory of ordinary differential equations, Me- Graw Hill, ۱۹۵۵.

[۲] Perko. L., Differential equations and dynamical system, ۳rd Ed., Springer- Verlag NewYork, ۲۰۰۶.



عنوان درس به فارسی: روشهای عددی در معادلات دیفرانسیل تصادفی		عنوان درس به انگلیسی: Numerical Methods in SDE's	
نوع درس و واحد		آنالیز تصادفی	
☐ پایه ☒ نظری		دروس پیش نیاز:	
☐ عملی ☒ تخصصی		دروس هم نیاز:	
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری		۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف از این درس، آشنایی دانشجویان با روش های حل عددی معادلات دیفرانسیل تصادفی و کاربردهای آنها در مواجهه با مسایل کاربردی در شاخه های مختلفی چون فیزیک، مکانیک، مالی و غیره خواهد بود.

سرفصل درس

مروری اجمالی بر حسابان تصادفی و تعاریف انتگرال ایتو و استراتونویچ، خواص حرکت براونی و بررسی روش های مختلف برای شبیه سازی مسیرهای آن، بررسی خواص جواب یک معادله دیفرانسیل تصادفی با نویز گاوسی و نویز پواسونی، معرفی بسط تیلور – ایتو تصادفی و بدست آوردن روش اویلر – مارویاما و روش میلشتاین، معرفی مفهوم سازگاری برای طرح های عددی تصادفی، بررسی مفاهیم مرتبه همگرایی قوی و ضعیف، معرفی خانواده روش های رونگه – کوتای تصادفی، معرفی خانواده روش های چند گامی تصادفی، معرفی مفهوم پایداری تصادفی و انواع آن (پایداری میانگین مربعات، پایداری مجانبی پایداری نمایی، معرفی روش های با طول گام متغیر برای گسسته سازی معادلات دیفرانسیل تصادفی، کاربردهای معادلات دیفرانسیل تصادفی در فیزیک، مکانیک، مالی و سایر شاخه ها.

مراجع

- [۱] Kloeden, P. E. & platen, E. (۱۹۹۹). Numerical Solution of Stochastic Differential Equations, Vol. ۲۳ of Appl. Math., Springer. Third printing.
- [۲] Kloeden, P. E., Platen, E. & Schurz, H. (۲۰۰۳). Numerical Solution of SEDs through computer Experiments, Springer. Third corrected printing.
- [۳] Milstein G. (۱۹۹۵). Numerical Integration of Stochastic Differential Equations, Dordrecht, Kluwer.
- [۴] Platen, E., & Bruti-Liberati, N. (۲۰۱۰). Numerical Solution of Stochastic Differential Equations with Jumps in Finance, Springer.



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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با مفاهیم احتمال در بستر دقیق آنالیز ریاضی و نظریه‌ی اندازه است. قضایای حدی و مارتینگل‌ها از دیگر موضوعات مورد بررسی در این درس هستند.

سرفصل درس

- فضای احتمال، متغیرهای تصادفی و توزیع‌ها، امید ریاضی، انواع همگرایی، استقلال
- قانون‌های اعداد بزرگ: قانون ضعیف اعداد بزرگ، لم بورل-کانتلی، قانون قوی اعداد بزرگ
- قضیه‌ی حد مرکزی: توابع مشخصه، همگرایی ضعیف، قضیه‌ی حد مرکزی، آرایه‌های مثلثی
- مارتینگل‌ها: امید شرطی، مارتینگل‌ها، نابرابری دوب، قضایای همگرایی، انتگرال‌پذیری یکنواخت

مراجع

- [۱] Durrett, R. Probability: Theory and Examples. ۴th edition, Cambridge University Press, ۲۰۱۰.
- [۲] Chung, K. L. A Course in Probability Theory. ۳rd edition, Academic Press, ۲۰۰۰.



عنوان درس به فارسی: ریاضیات مالی		عنوان درس به انگلیسی: Mathematical Finance	
نوع درس و واحد		آنالیز تصادفی	
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی ☒	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با مفاهیم کلاسیک ریاضیات مالی به ویژه مشتقات مالی و قیمت گذاری آنها است. برای این منظور از مدل های گسسته و پیوسته برای مدل سازی فرآیند تصافی قیمت سهام استفاده می شود. علاوه بر این مباحث دیگری از قبیل اندازه ی ریسک-خنتی، مدل های نرخ بهره و ... بررسی خواهند شد.

سرفصل درس

- بازارهای مالی، مفهوم آربیتراژ، بازارهای کامل و ناکامل، پوشش ریسک، قیمت گذاری ریسک-خنتی
- مدل دوجمله ای، مارتینگل ها قیمت گذاری قراردادهای اختیار خرید و فروش
- مدل براونی هندسی، معادله ی بلک-شولز
- مباحث بیشتر: اندازه های ریسک

مراجع

- [۱] Shreve, S. Stochastic Calculus for Finance I: The Binomial Asset Pricing Model. Springer Science and Business Media, ۲۰۱۲
- [۲] Shreve, S. Stochastic Calculus for Finance II: Continuous Time Models. Springer Science and Business Media, ۲۰۱۲
- [۳] Ross, S. M. An Elementary Introduction to Mathematical Finance. Cambridge University Press, ۲۰۱۱.



عنوان درس به فارسی: نظریه پیشرفته احتمال		عنوان درس به انگلیسی: Advanced Theory of Probability	
نوع درس و واحد		نظریه پیشرفته احتمال	
پایه ☐	نظری ☒	آنالیز حقیقی	
تخصصی ☒	عملی ☐	آنالیز حقیقی	
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با مفاهیم احتمال در بستر دقیق آنالیز ریاضی و نظریه‌ی اندازه است. قضایای حدی و مارتینگل‌ها از دیگر موضوعات مورد بررسی در این درس هستند.

سرفصل درس

- فضای احتمال، متغیرهای تصادفی و توزیع‌ها، امید ریاضی، انواع همگرایی، استقلال
- قانون‌های اعداد بزرگ: قانون ضعیف اعداد بزرگ، لم بورل-کانتلی، قانون قوی اعداد بزرگ
- قضیه‌ی حد مرکزی: توابع مشخصه، همگرایی ضعیف، قضیه‌ی حد مرکزی، آرایه‌های مثلثی
- مارتینگل‌ها: امید شرطی، مارتینگل‌ها، نابرابری دوب، قضایای همگرایی، انتگرال‌پذیری یکنواخت

مراجع

- [۱] Durrett, R. Probability: Theory and Examples. ۴th edition, Cambridge University Press, ۲۰۱۰.
- [۲] Chung, K. L. A Course in Probability Theory. ۳rd edition, Academic Press, ۲۰۰۰.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در ریاضیات تصادفی و علوم داده		عنوان درس به انگلیسی: Topics in Stochastics and Data Science	
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☒ نظری		دروس پیش نیاز:	
☐ عملی ☒ تخصصی		دروس هم نیاز:	
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری		۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

سرفصل درس

مباحث این درس با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می شود.

مراجع

کتاب ها و مقالات در مجله های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می شوند.



عنوان درس به فارسی: فرآیندهای تصادفی کاربردی		عنوان درس به انگلیسی: Applied Stochastic Processes	
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☒ نظری		دروس پیش نیاز:	
☐ عملی ☒ تخصصی		دروس هم نیاز:	
☐ نظری-عملی ☐ اختیاری		۴	تعداد واحد:
☐ رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

در این درس پس از مرور سریعی بر مفاهیم فرآیندهای تصادفی، به دو موضوع مدل سازی تصادفی و شبیه سازی تصادفی می پردازیم

سرفصل درس

- مروری بر فرآیندهای تصادفی: فرآیندهای مارکوف و قضایای همگرایی، فرآیندهای شاخه ای و پواسون
- شبیه سازی تصادفی، مقدمات: اعداد تصادفی، متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته، توزیع نرمال چند متغیره
- مدل سازی تصادفی، مباحث پیشرفته: تحلیل آماری نتایج، روش MCMC، روش های کاهش واریانس
- مدل سازی تصادفی: مدل های شیوع بیماری، مدل های قیمت گذاری، مدل های بهینه سازی تصادفی

مراجع

- [۱] Robert G. Gallager. *Stochastic Processes, Theory for Applications*. Cambridge University Press, ۲۰۱۳
- [۲] Sheldon M. Ross. *Simulation*, Academic Press, ۲۰۱۲.



عنوان درس به فارسی: فرآیندهای تصادفی پیشرفته		عنوان درس به انگلیسی: Advanced Stochastic Processes	
نوع درس و واحد		فرآیندهای تصادفی	
نظری ■	پایه □	دروس پیش نیاز:	
عملی □	تخصصی ■	دروس هم نیاز:	
نظری-عملی □	اختیاری □	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه □		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با فرآیندهای تصادفی خاصی است که در سال‌های اخیر معرفی و بررسی شده‌اند و ویژگی‌های آن‌ها منجر به حل طیفی از مساله‌های باز شده است. فرآیندهای با همبستگی منفی (فرآیندهای دترمینانی و رایلی قوی) که در در ریاضیات گسسته و الگوریتمی کاربرد فراوانی یافته‌اند و نیز فرآیندهای SLE که در حل مساله‌های حل نشده‌ی احتمال و فیزیک در مدل‌های دو بُعدی نقش مهمی ایفا کرده‌اند.

سرفصل درس

- فرآیندهای دترمینانی: مثال‌ها و نظریه
- فرآیندهای رایلی قوی: فرآیندهای با وابستگی منفی، چندجمله‌ای‌های پایدار حقیقی
- فرآیندهای شرام-لوونر (SLE): ناوردایی همدیس، مدل‌های دوبعدی و حد مقیاس
- مباحث بیشتر: صفرهای توابع تحلیلی تصادفی، مدل‌های نشت، گراف‌های تصادفی تک‌پیمانه‌ای

مراجع

- [۱] Hough, J.B. Krishnapour, M. Peres, Y. Virag, B. Zeros of Gaussian Analytic Functions and Determinantal Point Processes. American Mathematical Society, ۲۰۰۹
- [۲] Werner, W. Lectures on Probability Theory and Statistics: Ecole d'Ete de Probabilite de Saint-Flour XXXII- ۲۰۰۲



عنوان درس به فارسی: هندسه تصادفی		عنوان درس به انگلیسی: Stochastic Geometry	
نوع درس و واحد		فرآیندهای تصادفی	
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی ☒	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

در این درس با مدل‌های تصادفی هندسی آشنا می‌شویم. مدل‌هایی از توزیع تصادفی نقاط، خطوط یا مجموعه‌های پیچیده‌تر، گراف‌های تصادفی هندسی، کاشی‌کاری‌ها و ... همچنین ابزارهای لازم برای بررسی این اشیاء تصادفی معرفی می‌شوند و به بررسی ویژگی‌هایی از مدل‌های مورد بحث خواهیم پرداخت.

سرفصل درس

- فرآیندهای نقطه‌ای: تابع‌های مولد، توابع همبستگی، فرآیندهای پواسون
- فرآیندهای نقطه‌ای ایستا: ایستایی و اندازه‌ی پالم
- مجموعه‌های بسته‌ی تصادفی: مدل‌های بولی، فرآیندهای ذره‌ای
- کاشی‌کاری‌های تصادفی: کاشی‌کاری‌های ورونوی و دلونی
- گراف‌های تصادفی و مساله‌ی نشت
- مباحث بیشتر: فرآیندهای نقطه‌ای دترمینانی، مدل‌های هندسی تصادفی در ابعاد بالا

مراجع

- [۱] Stoyan, D. Kendall, W. Mecke, J. Stochastic Geometry and its Applications. ۲rd edition, Wiley, ۲۰۱۳
- [۲] Schneider, R. Weil, W. Stochastic Geometry and Integral Geometry, Springer ۲۰۰۸
- [۳] Grimmett, G. Percolation. ۲nd edition, Springer ۱۹۹۹



عنوان درس به فارسی: ماتریس های تصادفی		عنوان درس به انگلیسی: Random Matrices	
نوع درس و واحد		فرآیندهای تصادفی	
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی ☒	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با مدل های کلاسیک ماتریس های تصادفی و تحلیل طیفی آنها، قضایای حدی (قانون نیم دایره و قانون دایره) در مدل های عمومی ماتریس ها با درایه های مستقل و در نهایت مباحث متخبط شامل ضرب ماتریس های تصادفی و احتمال آزاد است.

سرفصل درس

- مقدمات احتمالاتی: قضایای حدی (قانون اعداد بزرگ و قضیه ی حد مرکزی) و روش ها
- مقدمات جبر خطی: ماتریس های خودالحاق و نظریه ی طیفی، اختلال های کوچک در ماتریس ها، نرم های ماتریسی
- مدل های کلاسیک (GOE، GUE، ...) و به دست آوردن توزیع مقادیر ویژه
- رفتار حدی نرم ماتریس های تصادفی
- رفتار حدی طیف ماتریس های تصادفی: قانون نیم دایره و قانون دایره
- مباحث بیشتر: توزیع مقادیر تکین، حاصل ضرب ماتریس های تصادفی، احتمال آزاد

مراجع

- [۱] Anderson, G. Guionnet, A. Zeitouni, O. An Introduction to Random Matrices, Cambridge Studies in Advanced Mathematics, Cambridge University Press, ۲۰۱۰
- [۲] Tao, T. Topics in Random Matrix Theory, Graduate Studies in Mathematics, AMS, ۲۰۱۲



عنوان درس به فارسی: مبانی ریاضی علوم داده		عنوان درس به انگلیسی: Mathematical Foundations of Data Science	
نوع درس و واحد			
☒ نظری	☐ پایه	دروس پیش نیاز:	
☐ عملی	☒ تخصصی	دروس هم نیاز:	
☐ نظری-عملی	☐ اختیاری	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی اولیه با گستره وسیعی از مباحث ریاضیات، آمار و علوم کامپیوتر نظری است که در فهم بنیادین ما از داده‌ها و چگونگی نمایش، پردازش و تحلیل آن‌ها مفید و موثر هستند. در بسیاری از موارد عنوان یک سرفصل خود موضوع درسی مستقل است که با عمیق و وسعت بیشتر قابل مطالعه و پیگیری است.

سرفصل درس

- هندسه‌ی فضاها با بُعد بالا و تجمع اندازه
- تجزیه‌ی مقادیر تکین و بهترین زیرفضای تقریب زنده‌ی داده‌ها
- یادگیری و مساله‌های بهینه‌سازی، منظم‌سازی، کاهش گرادیان و کاهش گرادیان تصادفی
- نمونه‌گیری و ریاضیات کار با داده‌های بزرگ
- تقریب‌های خطی و غیرخطی و نمایش فشرده‌ی داده‌ها

مراجع

- [۱] A. Blum, J. Hopcroft, R. Kannan, Foundations of Data Science, Microsoft Research
 [۲] Gabriel Peyré, Mathematical Foundations of Data Sciences, online draft.



عنوان درس به فارسی:		بهینه سازی در علوم داده ها	
عنوان درس به انگلیسی:		Optimization for Data Science	
دروس پیش نیاز:			
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۴		
تعداد ساعت:	۶۴		
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☐ نظری			
☐ عملی ☒ تخصصی			
☐ اختیاری ☐ نظری-عملی			
☐ رساله / پایان نامه			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سق علمی □ آژماشگاه □ سمنار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف

بسیاری از مسائل آماری و علوم داده در نهایت منجر به مسائلی در بهینه‌سازی می‌شوند. با آنکه نظریه ریاضی بهینه‌سازی قدمت زیادی دارد، پیشرفت‌های اخیر، این حوزه را به دو دلیل در کانون اهمیت قرار داده است: نخست کشف روش‌های نیرومندی که امکان می‌دهد در پاره‌ای موارد مسائل پیچیده را به سرعت مسائل خطی حل کنیم و دوم کاربردهای جدید و فراگیر روش‌های بهینه‌سازی محدب در حوزه‌های مختلف از جمله تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها. هدف این درس آشنایی با مبانی نظری و روش‌های نوین در بهینه‌سازی و کاربردهای آن در علوم داده است.

سر فصل درس

- مجموعه‌ها و توابع محدب (مجموعه‌های محدب و مستوی، ابرصفحه‌های جداساز و تکیه‌گاه، نامساوی‌های تعمیم‌یافته، مخروط دوگان، توابع مزدوج، توابع شبه محدب، توابع لگاریتم محدب و لگاریتم مقعر)
- مسائل بهینه‌سازی محدب (بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی خطی، مسائل بهینه‌سازی درجه دو، برنامه‌ریزی هندسی، بهینه‌سازی برداری)
- دوگانگی (تابع دوگان لژاندر، مساله دوگان لژاندر، تعبیر هندسی، تعبیر نقطه زینی، شرایط بهینگی، اختلال و تحلیل حساسیت، قضایای دوگرن)
- تقریب و برازش (تقریب نُرم، مسائل کمترین نُرم، تقریب منظم، تقریب استوار، برازش تابع و درون‌یابی)
- تخمین آماری (تخمین توزیع‌های پارامتری، تخمین توزیع‌های ناپارامتری، طراحی آشکارساز بهینه و آزمون فرض، کران‌های چیشف و چرنف، طراحی آزمایش)
- مسائل هندسی (تصویر روی یک مجموعه، فاصله مجموعه‌ها، فاصله اقلیدسی و مسائل زاویه، بیضی‌گون‌های با حجم بیشینه یا کمینه، مرکزبایی، دسته‌بندی، جایابی)
- کمینه‌سازی نامقید (مسائل کمینه‌سازی نامقید، روش‌های کاهشی، روش کاهشی گرادیان، روش تندترین کاهش، روش نیوتن، self-concordance، پیاده‌سازی)
- کمینه‌سازی با قید تساوی (مسائل کمینه‌سازی با قید تساوی، روش نیوتن با قید تساوی، روش نیوتن با نقطه شروع نشدنی، پیاده‌سازی)
- روش‌های نقطه درونی (مسائل کمینه‌سازی با قید نامساوی، تابع مانعی لگاریتمی و مسیر مرکزی، روش‌های مانعی، شدنی بودن و روش‌های فاز ۱، تحلیل پیچیدگی، روش‌های نقطه درونی اولیه-دوگان، پیاده‌سازی)
- روش گرادیانی (روش کاهش گرادیانی، زیرگرادیان، روش کاهش گرادیان تصادفی، توابع لیپشیتز، توابع قویاً محدب)



- [۱] S. Boyd, L. Vanderberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, ۲۰۰۴.
[۲] S. Shalev-Shwartz and S. Ben-David, Understanding Machine Learning From Theory to Algorithms, Cambridge University Press, ۲۰۱۴.

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

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با مبانی دقیق نظری آمار و استنباط آماری است. مدل سازی فرآیند استنباط اطلاعات از دل داده ها به کمک مدل های احتمالاتی، مساله های تخمین و آزمون فرض و محدودیت های ذاتی آنها، آشنایی با ابزارهای پر استفاده آماری و تحلیل آنها و مدل های تصادفی پیشرفته تر از مباحث این درس هستند.

سرفصل درس

- تغییر پذیری در داده ها: نمونه گیری، آماره ها، انباشتک ها و گشتاورها
- اندازه گیری عدم قطعیت: بازه های اطمینان، مدل نرمال، شبیه سازی
- درست نمایی: تخمین گر بیشترین درست نمایی و قضایای حدی، نسبت درست نمایی، مدل های منظم، انتخاب مدل
- مدل ها: مدل های خطی، خانوادگی نمایی
- مدل های پیشرفته تر: فرآیندها و میدان های مارکوف، توزیع نرمال چند متغیره، سری های زمانی، فرآیندهای نقطه ای
- تخمین و آزمون فرض
- مباحث بیشتر: استنباط بیزی، استنباط شرطی

مراجع

- [۱] Davison, A. C. Statistical Models. Cambridge University Press, ۲۰۰۸
 [۲] Shao, J. Mathematical Statistics. ۲nd edition, Springer New York, ۲۰۰۳



عنوان درس به فارسی:		یادگیری آماری	
عنوان درس به انگلیسی:		Statistical Learning	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
تعداد واحد:		تخصصی ☒ عملی ☐	
تعداد ساعت:		اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	
		رساله / پایان نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

یادگیری آماری به توسعه و مطالعه ابزارهایی برای مدل کردن و فهمیدن هر چه بهتر داده‌های پیچیده می‌پردازد. یادگیری از داده یعنی کشف الگوها و روندهای مهم در داده و فهمیدن آن که داده چه می‌گوید! حجم و پیچیدگی روزافزون داده‌ها در بسیاری از حوزه‌های علم و فن‌آوری و چالش‌ها و موفقیت‌های جدید در یادگیری به انقلابی در علوم داده منجر شده است. هدف از این درس، آشنایی با برخی از مهم‌ترین ابزارهای یادگیری و بررسی آن‌ها از منظر آماری است.

سرفصل درس

مقدمات (مفاهیم اولیه یادگیری، انواع یادگیری، مدل‌های پارامتری و ناپارامتری)

- یادگیری نظارت شده: روش‌های خطی (رگرسیون خطی، رگرسیون ستیغی و لاسو، روش‌های خطی دسته‌بندی: مدل لجستیک)
- یادگیری نظارت شده: تعمیم‌های روش خطی (مدل‌های خطی تعمیم‌یافته، توابع پایه، روش‌های ناپارامتری، اسپلاین هموار شده، مدل‌های جمعی)

- انتخاب و ارزیابی مدل (درجه آزادی، تجزیه اریبی-واریانس، خطای آزمون و آموزش، اعتبارسنجی متقابل، روش‌های خودگردان)

- یادگیری بدون نظارت (روش‌های کاهش بُعد، خوشه‌بندی، مدل‌های گرافی)
- شبکه‌های عصبی (آموزش شبکه: کاهش گرادیان و انتشار پس‌رو، کاهش گرادیان تصادفی، یادگیری عمیق)

مراجع

- [۱] James, G., Witten, D., Hastie, T. and Tibshirani, R., Friedman, J. An Introduction to Statistical Learning. ۲nd edition, Springer, ۲۰۱۳
- [۲] Hastie, T., Tibshirani, R. and Friedman, J. The Elements of Statistical Learning. ۲nd edition, Springer, ۲۰۰۹



یادگیری پیشرفته		یا عنوان درس به فارسی:
Advanced Learning		عنوان درس به انگلیسی:
نوع درس و واحد		
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش نیاز:
تخصصی ☒ عملی ☐		دروس هم نیاز:
اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐	۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

هدف این درس آشنایی با موضوعات پیشرفته تر در حوزه یادگیری است. یادگیری منصفانه و اجتناب از سوگیری نسبت به زیرگروه های خاص، یادگیری مقاوم نسبت به حملات دشمنانه و استنباط های پیشرفته تر در مدل های یادگیری از قبیل ارایی بازه های اطمینان پیش بینی به جای پیش بینی نقطه ای.

سرفصل درس

- یادگیری منصفانه: منابع سوگیری در داده های بزرگ، شاخص های آماری تبعیض، قضایای توازن و عدم امکان، گروه های نابرابر و پیش بینی منصفانه، استنباط علی منصفانه
- یادگیری دشمنانه: انواع حمله ها به فرآیند یادگیری، حمله در زمان تصمیم و راه های مقابله، مسموم سازی داده و راه های مقابله، حمله به شبکه های عصبی و راه های مقاوم سازی
- اندازه گیری عدم قطعیت و پیش بینی تطبیقی: تعویض پذیری و بازه های اطمینان، پیش بینی تطبیقی با مدل های احتمالاتی و فراتر از مدل های احتمالاتی، پیش بینی تطبیقی در یادگیری برخط

مراجع

- [۱] Anthony D. Joseph, Blaine Nelson, Benjamin I. P. Rubinstein, J. D. Tyger. *Adversarial Machine Learning*. Cambridge University Press, ۲۰۱۹.
- [۲] Vineeth N. Balasubramanian, Shen-Shyang Ho, Vladimir Vovk. *Conformal Prediction for Reliable Machine Learning*. Elsevier, ۲۰۱۴.
- [۳] Solon Barocas, Moritz Hardt, Arvind Narayanan. *Fairness and Machine Learning*. fairmlbook.org, ۲۰۱۹.



عنوان درس به فارسی: مدل سازی و تحلیل داده های با بعد بالا		عنوان درس به انگلیسی: High Dimensional Data Modeling and Processing	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی ☒	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

در اثر پیشرفت های سریع در روش های جمع آوری داده در سال های اخیر، آماردانان با مسائلی مواجه شده اند که در آن ها تعداد متغیرهای اندازه گیری شده بسیار زیاد و گاه بسیار بیشتر از تعداد مشاهدات است. به چنین داده هایی داده های با بُعد بالا می گویند و تحلیل آن ها از جمله چالش های اصلی علوم داده در دوره جدید است. هدف این درس آشنایی با مبانی ریاضی و آماری تحلیل داده های با بُعد بالا است.

سرفصل درس

- مفاهیم اولیه (استنباط آماری کلاسیک و بلای بُعد، فضاهای اقلیدسی با ابعاد بالا، تجمع اندازه)
- مدل های خطی در ابعاد بالا (رگرسیون ستیغی و لاسو، انتخاب متغیر، درجه آزادی)
- مدل های خطی تعمیم یافته در ابعاد بالا (رگرسیون لجستیک و پواسون در ابعاد بالا)
- مدل های گرافیکی (گراف های وابستگی، خواص مارکوف، مدل های گوسی)
- آزمون های فرض همزمان (p -مقدارها، کنترل خطای جمعی، نرخ کشف خطا، روش بنجامینی و هوشبرگ)
- مباحث انتخابی (گذار فاز، انتخاب مدل، جنگل های تصادفی، بیز تجربی)

مراجع

- [۱] Buhlmann, P. and van de Geer, S. Statistics of High Dimensional Data, Springer, ۲۰۱۱.
- [۲] Efron, B. and Hastie, T. Computer Age Statistical Inference, Cambridge University Press, ۲۰۱۶.
- [۳] Giraud, C. Introduction to High-Dimensional Statistics, CRC Press, ۲۰۱۶.
- [۴] Hastie, T., Tibshirani, R. and Wainwright, M. Statistical Learning with Sparsity, CRC Press, ۲۰۱۵.



عنوان درس به فارسی: مدل های گرافی و استنباط علی		عنوان درس به انگلیسی: Graphical Models and Causal Inference	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	فراآیندهای تصادفی	
تخصصی ☒	عملی ☐		
اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۴	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۶۴	تعداد ساعت:

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف

مدل های گرافی احتمالاتی چارچوبی غنی و انعطاف پذیر برای مدل سازی خانواده های بزرگ از متغیرهای تصادفی با وابستگی های پیچیده هستند. هدف این درس مرور مفاهیم اساسی مدل های گرافی احتمالاتی با ارتباطات علی یا وابستگی و روش های استنباط دقیق یا تقریبی و نیز آشنایی با نحوه استفاده از این مدل ها در عمل است

سرفصل درس

- مدل های جهت دار: شبکه های بیزی (استقلال شرطی، استقلال در شبکه های بیزی، روابط علی)
- مدل های بدون جهت: شبکه های مارکوفی (توزیع گیبس، شرطی کردن و استقلال در میدان های تصادفی)
- حذف متغیر (روش حذف متغیر و چالش های آن، پیچیدگی بر حسب ساختار گراف، ترتیب حذف متغیرها)
- الگوریتم های انتشار باور (الگوریتم و ویژگی ها، انتقال پیام در گراف خوشه ها، مطالعه الگوریتم در درخت ها)
- روش های نمونه گیری (روش های مونت کارلو با زنجیر مارکوف، روش گیبس، روش متروپولیس-هستینگز)
- تخمین پارامتر (روش بیشترین درست نمایی و روش بیزی در مدل های گرافی جهت دار و بدون جهت)
- یادگیری ساختار شبکه (بیشترین درست نمایی و سازگاری مجانبی، یادگیری ساختار درختی، روش های اکتشافی برای یادگیری ساختار گراف، یادگیری با داده ناکامل)

مراجع

- [۱] Koller, D. and Friedman, N. Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques, MIT Press, ۲۰۰۹.
- [۲] Wainwright, M. J. and Jordan, M. I. Graphical Models, Exponential Families and Variational Inference.

