برنامه درسی

رشته: ریاضیات و کاربردها

گرایش: هندسه (توپولوژی)

دوره‌های: کارشناسی ارشد و دکتری

دانشکده: علوم ریاضی

مصوب جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۶/۲۹ شورای برنامه‌ریزی درسی دانشگاه

این برنامه براساس آیین‌نامه شماره ۲۱/۲۳۸۰۶ وزارت علوم تحقیقات و فناوری در خصوص تفویض اختیارات برنامه‌ریزی درسی به دانشگاه‌های دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی دانشکده علوم ریاضی تدوین‌شده و در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۶/۲۹ شورای برنامه‌ریزی درسی دانشگاه به تصویب رسیده است.

مصوبه شورای برنامه‌ریزی درسی دانشگاه فردوسی مشهد

رشته: ریاضیات و کاربردها

گرایش: هندسه (توپولوژی)

دوره‌های: کارشناسی ارشد و دکتری

برنامه درسی دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری که توسط اعضای هیات علمی گروه آموزشی ریاضی محض تدوین‌شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است.
- هر نوع تغییر در برنامه درسی مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه‌ریزی درسی دانشگاه برسد.

مرتضی کرمی
رئیس گروه برنامه‌ریزی آموزشی و درسی دانشگاه

ایمان الله بیگدلی
مدیر برنامه‌ریزی و توسعه آموزش دانشگاه

رضا پیش‌قدم
معاون آموزشی دانشگاه

رأی صادره جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۶/۲۹ شورای برنامه‌ریزی درسی دانشگاه در موردبازنگری برنامه درسی ریاضیات و کاربردها گرایش هندسه (توپولوژی) در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری صحیح است. به واحد ذی‌ربط ابلاغ شود.

محمد کافی
رئیس دانشگاه

معاونت آموزشی

شورای برنامه‌ریزی درسی

برنامه درسی

دوره‌های: کارشناسی ارشد و دکتری

رشته: ریاضیات و کاربردها

گرایش: هندسه-توپولوژی

فصل اول

کلیات

تعریف و هدف رشته

تحصیل در رشته ریاضی به‌منظور فراهم آوردن پایه‌ای جامع و دقیق برای انجام کارهای تخصصی در طیف وسیعی از موضوعات مرتبط با ریاضی و ایجاد مهارت‌های حل مسئله و محاسباتی و تفکر تحلیلی و خلاق است. تحصیل در هر رشته علمی نیازمند پایه‌ای مناسب در ریاضیات است و دانش‌آموختگان رشته ریاضی توانایی لازم را به دست می‌آورند تا این دانش پایه‌ای را در سطح جامعه گسترش دهند. هم‌چنین دانش‌آموختگان در این رشته تحصیلی توانایی آن را کسب می‌کنند که اغلب مسائل و مشکلات بخش‌های مختلف جامعه اعم از صنعتی، تولیدی و اقتصادی را با روش‌های علمی و از طریق مدل‌سازی ریاضی به‌منظور بهینه‌سازی فرآیندهای عملکردی آن‌ها بررسی و ارائه طریق نمایند.

هدف از دوره کارشناسی ارشد تربیت افرادی است که بتوانند بر مبانی علم ریاضی محض گرایش هندسه-توپولوژی و متن‌های مدون در این رشته گرایش احاطه یابند و در اثر آشنایی با روش‌های پیشرفته پژوهش، کارایی و مهارت علمی و عملی لازم را به‌گونه‌ای به دست آورند که به‌خوبی بتوانند به آموزش در این رشته گرایش پرداخته و از مقاله‌های علمی و پژوهش‌های علم ریاضی محض گرایش هندسه-توپولوژی برای پیشبرد مرزهای دانش و کمک به ایجاد روح علمی در جامعه بهره برند.

هدف از دوره دکتری علاوه بر تربیت متخصصین ریاضی با گرایش هندسه-توپولوژی جهت تأمین اعضاء هیأت علمی دانشگاه‌ها، تربیت افرادی است که بر روش‌های پیشرفته پژوهش احاطه کامل یافته با تسلطی که بر یک یا چند موضوع ریاضی گرایش هندسه-توپولوژی پیدا می‌کنند قادر به درک مشکلات علمی جامعه باشند و با تهیه مدل‌های ریاضی مناسب به حل آن‌ها بپردازند. نوآوری و گسترش مرزهای دانش ریاضی در این دوره از اهمیت خاصی برخوردار بوده که از وظایف اصلی دانش‌آموختگان این دوره می‌باشد.

اهمیت و ضرورت رشته

با توجه به گسترش روزافزون دامنه علم ریاضی و کاربردهای آن در رشته‌های دیگر همچون پزشکی، علوم پایه نظیر زیست‌شناسی، فیزیک و شیمی، فنی و مهندسی، اقتصاد و مالی، علوم انسانی در جهت تحقق استقلال و دستیابی به علوم و فناوری روز دنیا، دایر نمودن این دوره در دانشگاه‌هایی که از امکانات و به‌ویژه استادان متعهد و متخصص و باتجربه بهره‌مند هستند ضروری به نظر می‌رسد و از اهمیت خاصی برخوردار است. همچنین بروز کردن برنامه‌های آن بدون شک یکی از وظایف اصلی دانشگاه‌های کشور است.

نقش، توانایی و شایستگی دانش‌آموختگان

توانمندسازی دانشجویان در حل مسائل و مشکلات بخش‌های مختلف سایر علوم و جامعه دانشگاهی اعم از زیست‌شناسی و علوم زیستی، علوم اعصاب، پزشکی و مهندسی پزشکی، علوم داده، مهندسی و رباتیک و اقتصاد با روش‌های علمی و از طریق مدل‌سازی ریاضی.

طول دوره و شکل نظام

مدت مجاز تحصیل در دوره کارشناسی ارشد به شیوه آموزشی-پژوهشی ۲ سال (۴ نیمسال) تحصیلی و در دوره دکتری به شیوه آموزشی-پژوهشی ۴ سال (۸ نیمسال) تحصیلی است.

تعداد و نوع واحدهای درسی

دوره کارشناسی ارشد:

چارچوب برنامه دارای یک ساختار کلی است که دروس تخصصی-الزامی آن فقط در حد ضرورت و در راستای تأمین حداقل‌های آموزشی تعیین‌شده‌اند و بقیه واحدها در یک قالب انعطاف‌پذیر با اهدافی مشخص در جداول دروس تخصصی-اختیاری کارشناسی ارشد و مشترک تحصیلات تکمیلی تدوین شده‌اند.

تعداد کل واحدهای دوره کارشناسی ارشد ۳۲ واحد شامل ۱۲ واحد تخصصی -الزامی، ۱۴ واحد اختیاری از جداول دروس تخصصی-اختیاری کارشناسی ارشد یا مشترک تحصیلات تکمیلی و ۶ واحد پایان‌نامه می‌باشد.

دوره دکتری:

برای دانش‌آموختگی در دوره دکتری رشته ریاضی گرایش هندسه-توپولوژی گذراندن ۳۶ واحد درسی الزامی است که این دروس شامل ۱۶ واحد از جداول دروس تخصصی-اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی و ۲۰ واحد رساله دکتری می‌باشد.

هدف از ارائه دروس تخصصی-اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی ایجاد انعطاف‌پذیری لازم در برنامه جهت تنظیم آن توسط گروه و دانشجو با توجه به علایق دانشجو و اهداف زمینه مربوطه است. بالأخص این بخش در راستای ایجاد انعطاف‌پذیری لازم در برنامه و همچنین تضمین برخی جنبه‌های کاربردی و آمادگی برای حضور در جامعه و بازار کار نیز طراحی شده است.

شرایط و ضوابط پذیرش دانشجو

دانشجویان در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری رشته ریاضی محض گرایش هندسه-توپولوژی مطابق با ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری پذیرفته می‌شوند. با توجه عدم تطابق رشته قبلی برای ورود به رشته مقطع بعدی به‌عنوان شرط لازم از طرف وزارت عتف برای پذیرفته‌شدگان با مدرک کارشناسی غیر از کارشناسی ریاضیات و کاربردها در مقطع کارشناسی ارشد حداکثر ۶ واحد و برای پذیرفته‌شدگان با مدرک کارشناسی ارشد غیر از کارشناسی ارشد ریاضی محض گرایش هندسه-توپولوژی در مقطع دکتری نیز حداکثر ۸ واحد جبرانی در نظر گرفته خواهد شد.

فصل دوم

جداول دروس

جدول ۱- دروس جبرانی کارشناسی ارشد

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش‌نیاز/ هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	مبانی جبر	۳	۰	۳	۴۸	۰	۴۸	-
۲	توپولوژی عمومی	۳	۰	۳	۴۸	۰	۴۸	-
جمع		**۶**	**۰**	**۶**	**۹۶**	**۰**	**۹۶**	

جدول ۲- دروس تخصصی الزامی کارشناسی ارشد

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش‌نیاز/ هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	توپولوژی جبری ۱	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۲	هندسه منیفلد ۱	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۳	آنالیز حقیقی ۱ یا جبر پیشرفته (با نظر استاد راهنما)	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۴	سمینار	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲	-
جمع		**۱۴**	**۰**	**۱۴**	**۲۲۴**	**۰**	**۲۲۴**	

جدول ۳- دروس اختیاری کارشناسی ارشد

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش‌نیاز/ هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	توپولوژی دیفرانسیل	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۲	دستگاه‌های دینامیکی ۱	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	هم نیاز با هندسه منیفلد ۱
۳	دستگاه‌های دینامیکی ۲	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۴	دستگاه‌های دینامیکی توپولوژیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۵	گروه‌های توپولوژیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۶	معادلات دیفرانسیل عادی ۱	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۷	هندسه جبری	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	جبر پیشرفته
۸	هندسه دیفرانسیل	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	هندسه منیفلد ۱
جمع		**۳۲**	**۰**	**۳۲**	**۵۱۲**	**۰**	**۵۱۲**	-

جدول ۴- دروس جبرانی دکتری

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش‌نیاز/ هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	توپولوژی جبری ۱	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
۲	هندسه منیفلد ۱	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	-
جمع		**۸**	**۰**	**۸**	**۱۲۸**	**۰**	**۱۲۸**	

جدول ۵- دروس تخصصی اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش‌نیاز/ هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	آشوب و کاربردهای آن در مهندسی پزشکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۲	تحلیل داده‌های توپولوژیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۳	توپولوژی جبری ۲	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	هم نیاز با توپولوژی جبری ۱
۴	دستگاه‌های دینامیکی پیشرفته	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۵	دستگاه‌های دینامیکی تصادفی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۶	دستگاه‌های دینامیکی در علوم اعصاب	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۷	دستگاه‌های نگهدار	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۸	دینامیک غیرخطی و آشوب	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۹	دینامیک‌های آشوبناک در معادلات دیفرانسیل عادی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۱۰	دینامیک‌های غیرخطی در اقتصاد	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۱۱	دینامیک‌های مختلط	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۱۲	رباتیک توپولوژیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۱۳	روش‌های توپولوژیکی در نظریه گروه‌ها	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۱۴	صورت‌بندی ترمودینامیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱ و نظریه ارگودیک
۱۵	علوم اعصاب توپولوژیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۱۶	فضاهای پوششی و تعمیم‌های آن	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۱۷	گروه‌های بنیادین توپولوژیکی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۱۸	گروه‌های بنیادین و نمایش آن‌ها	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۱۹	گروه‌های هموتوپی و تعمیم‌های آن	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۲۰	مدل‌سازی ریاضی بیماری‌ها	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۲۱	مدل‌سازی ریاضی در علوم زیستی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱

۲۲	معادلات دیفرانسیل عادی ۲	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	معادلات دیفرانسیل عادی ۱
۲۳	نظریه ارگودیک	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	آنالیز حقیقی ۱
۲۴	نظریه ارگودیک هموار	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱ و نظریه ارگودیک
۲۵	نظریه انشعاب	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۲۶	نظریه آشوب	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۲۷	نظریه هندسی برگ‌بندی	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	دستگاه‌های دینامیکی ۱
۲۸	نظریه‌های همولوژی و کوهمولوژی در توپولوژی جبری	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۲۹	همولوژی ماندگار و کاربردهای آن	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	توپولوژی جبری ۱
۳۰	هندسه منیفلد ۲	۴	۰	۴	۶۴	۰	۶۴	هندسه منیفلد ۱
جمع		**۱۲۰**	۰	**۱۲۰**	**۱۹۲۰**	۰	**۱۹۲۰**	–

فصل سوم

سرفصل دروس

دروس تخصصی کارشناسی ارشد

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **توپولوژی جبری ۱**				
عنوان درس (انگلیسی): **Algebraic Topology I**				
نوع درس: تخصصی	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ☐	ندارد ■	پیش‌نیاز: -	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد ■	ندارد ☐

هدف درس

- معرفی و مطالعه برخی از مفاهیم و مباحث اصلی و پایه شاخه توپولوژی جبری از شاخه‌های معروف رشته ریاضی شامل کتگوری، هموتوپی، مسیرها، هموتوپی مسیری، گروه بنیادین و خواص اساسی آن
- محاسبه گروه بنیادین برخی از فضاهای معروف، فضاهای پوششی مثال‌ها و خواص اساسی و ارتباط با گروه بنیادین

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در توپولوژی جبری با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با فضاهای توپولوژیکی شامل معرفی برخی از کتگوری‌ها و فانکتورهای معروف، قضیه نقطه ثابت براور، هموتوپی، انقباض پذیری، مسیرها، همبندی مسیری، فضاها و نگاشت‌های آفین، گروه بنیادین و خواص فانکتوری و اساسی آن، محاسبه گروه بنیادین دایره و کاربردهای آن به‌ویژه در قضیه اساسی جبر، گروه توپولوژیکی و H-فضاها و گروه بنیادین آن‌ها، فضاهای پوششی مثال‌ها و خواص اساسی، بالابرها و قضایای مربوطه، ارتباط فضای پوششی و گروه بنیادین، فضاهای پوششی منظم و گروه تبدیلات پوششی، مطالعه وجود فضاهای پوششی.

سرفصل درس

- تعریف مفاهیم کتگوری، فانکتور و کتگوری خارج‌قسمتی همراه با چند مثال
- معرفی مفهوم توکشیده و ارائه طرح اثبات قضیه نقطه ثابت براور برای نشان دادن چگونگی استفاده از ابزارهای جبری برای حل برخی از مسائل توپولوژیکی
- معرفی مفهوم هموتوپی و بررسی خواص مقدماتی و اساسی آن
- استفاده از مفهوم هموتوپی برای اثبات برخی قضایا ازجمله قضیه اساسی جبر، مطالعه فضاهای محدب و انقباض پذیر

- معرفی فضاهای خارج‌قسمتی و نگاشت‌های همسانی و مطالعه مثال‌ها و خواص اساسی آن‌ها
- معرفی مفهوم مخروط و از یک نوع هموتوپی و ارتباط با مفهوم هموتوپی و انقباض پذیری
- مطالعه مسیرها و فضاهای همبند مسیری و خواص مقدماتی و اساسی آن‌ها
- معرفی مؤلفه‌های مسیری و فانکتور مربوطه و فضاهای همبند مسیری موضعی
- معرفی مفهوم توکشیده دگردیسی
- معرفی فضاهای آفین و سادک‌ها و خواص اساسی آن‌ها همراه با مثال‌های ملموس
- معرفی ضرب مسیرها و هموتوپی مسیری و خواص بنیادین آن‌ها
- معرفی رده‌های هموتوپی مسیری و گروهواره متشکل از آن‌ها، معرفی گروه بنیادین یک فضای توپولوژیکی و خواص فانکتوری آن
- ارتباط گروه بنیادین با فضاهای حاصل‌ضربی و هم‌ارزی‌های هموتوپیکی
- فضاهای همبند ساده همراه چند مثال و ارتباط آن‌ها با فضاهای انقباض پذیر
- محاسبه گروه بنیادین دایره، کاربردهای گروه بنیادین دایره به‌ویژه در اثبات قضیه اساسی جبر
- معرفی گروه‌های توپولوژیکی و H-فضاها و مطالعه گروه بنیادین آن‌ها، قضیه ون-کمپن و محاسبه گروه بنیادین کره‌ها
- معرفی فضاهای پوششی همراه با چند مثال، مطالعه خواص مقدماتی و اساسی فضاهای پوششی
- معرفی مفهوم بالابر و خواص مقدماتی آن
- قضایای وجود و منحصربه‌فردی بالابرها در ارتباط با هموتوپی
- مطالعه گروه بنیادین فضاهای پوششی با استفاده از قضایای جبری
- مطالعه فضاهای پوششی چندلایه‌ای و محاسبه گروه بنیادین فضای تصویری
- بررسی قضیه محک بالابر و نتایج آن و مطالعه گروه تبدیلات پوششی
- بررسی وجود فضاهای پوششی و معرفی مفهوم فضاهای همبند ساده نیم موضعی و ارتباط آن‌ها با وجود فضاهای پوششی

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکلیف‌های محول توسط دانشجویان

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Munkres, J.R. (2000). *Topology; A First Course*, Printice Hall (Pearson Education).

Rotman, J.J. (2013). *An Introduction to Algebraic Topology*, GTM 119, Springer, Fourth corrected printing 1998, Pub. Date.

منابع فرعی:

مانکرز جیمزر، (۱۳۹۶)، *توپولوژی نخستین درس*، ترجمه یحیی تابش، ابراهیم صالحی، نادر وکیل، جواد لالی، مرکز نشر دانشگاهی.

Hatcher, A. (2005). *Algebraic Topology*, Cambridge University Press. Last updated 2021 https://pi.math.cornell.edu/~hatcher/AT/corrections5.html.

Munkres, J.R. (2018). *Elements of Algebraic Topology*, CRC Press.

Massey, W.S. (1977). *Algebraic Topology, An Introduction*, GTM 56, Springer-Verlag New York.

Massey, W.S. (1991). *A Basic Course in Algebraic Topology*, Springer Science & Business Media.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **هندسه منیفلد ۱**				
عنوان درس (انگلیسی):**Manifold Geometry I**				
نوع درس: تخصصی	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد☐	ندارد■	پیش‌نیاز: -	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد ■	ندارد☐

هدف درس

بررسی منیفلدهای توپولوژیک و مشتق پذیر، تعاریف، مفاهیم اولیه و قضایای مرتبط، فضاهای مماسی و میدان‌های برداری

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

- درک منیفلدها به‌عنوان فضاهای زمینه مناسب در مدل‌های غیرخطی
- بررسی حسابان روی منیفلدها و قضایای مشتق‌پذیری
- مطالعه میدان‌های برداری.

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر منیفلدها، منیفلدهای توپولوژیکی و مشتق پذیر، زیر منیفلدها و انواع آن‌ها، مثال
- مفاهیم و قضایای اساسی در زمینه منیفلد (خمینه)های دیفرانسیل پذیر
- نگاشت‌های مشتق پذیر روی منیفلدها، مشتق و حساب دیفرانسیل و انتگرال بر منیفلدها
- فضاهای مماسی، کلاف مماسی، میدان‌های برداری، خم‌های انتگرال
- افراز واحد-منیفلدهای ریمانی
- معرفی گروه و جبر لی، عمل گروه لی بر منیفلد، منیفلدهای خارج‌قسمتی
- کلاف‌های تانسوری، میدان‌های تانسوری و فرم‌ها، قضیه استوکس

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Boothby, W.M. (1986). *An introduction to differentiable manifolds and Riemannian geometry*, Academic press.

Lang, S. (2012). *Differential and Riemannian manifolds*, Springer Science & Business Media.

Lee, J.M. (2013). *Smooth manifolds*, *Introduction to Smooth Manifolds*, Springer, New York, NY.

منابع فرعی:

Lafontaine, J. (2015). *An introduction to differential manifolds*, Berlin: Springer.

Lee, J.M. (2018). *Introduction to Riemannian manifolds*, Springer International Publishing.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **آنالیز حقیقی ۱**				
عنوان درس (انگلیسی):**Real Analysis I**				
نوع درس: تخصصی	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ☐	ندارد ■	پیش‌نیاز: -	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد ■	ندارد ☐

هدف درس

- توسعه مفاهیم آنالیز ریاضی و انتگرال و انتگرال‌پذیری
- معرفی نظریه اندازه

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

فهم مفاهیم اولیه و مبانی آنالیز حقیقی از قبیل نظریه اندازه و انتگرال لبگ و مقدماتی از آنالیز تابعی

سرفصل درس

- جبر و سیگما جبر
- مجموعه بورل و سیگما جبر بورل، مولد یک سیگما جبر
- اندازه و اندازه‌های درونی و بیرونی، مجموعه اندازه‌پذیر
- توابع اندازه‌پذیر و خواص آن‌ها
- انتگرال نسبت به‌اندازه دلخواه و قضایای مربوطه
- حاصل‌ضرب اندازه‌ها و قضیه تونلی-فوبینی
- اندازه لبگ
- انواع همگرایی، همگرایی در اندازه و میانگین
- قضیه اگورف
- انتگرال لبگ و قضایای همگرایی
- مشتق و انتگرال
- پوشش ویتالی
- توابع با تغییر کراندار

- پیوستگی مطلق توابع
- فضای L^p
- تقریب با توابع ساده و پیوسته
- قضیه ریس–فیشر
- تابعک‌های خطی پیوسته
- نمایش ریس
- فضای باناخ، قضیه هان–باناخ
- قضیه نگاشت باز، قضیه نمودار بسته
- مقدماتی از فضاهای هیلبرت و دوگان آن‌ها.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Aliprantis, C.D. & Burkinshaw, O. (1998). *Principles of real analysis*, 3nd Edition, Academic Press, Inc, San Diego, CA.

Folland, G.B. (2009). *A guide to advanced real analysis*, The Dolciani Mathematical Expositions, 37. MAA Guides, 2. Mathematical Association of America, Washington, DC.

Lang S. (2012). *Differential and Riemannian manifolds*, Springer Science & Business Media.

Rudin, W. (1987). *Real and complex analysis*, 3nd Edition, McGraw-Hill Book Co, New York.

منابع فرعی:

Dudley, R.M. (2018). *Real analysis and probability*, CRC Press.

Folland, G.B. (1999). *Real analysis: modern techniques and their applications*, Wiley & Sons.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **جبر پیشرفته**			
عنوان درس (انگلیسی):**Advanced Algebra**			
نوع درس: تخصصی	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ☐	ندارد ■	پیش‌نیاز: -
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد ■ ندارد ☐

هدف درس

معرفی مفاهیم اصلی و قضایای پایه‌ای گرایش جبر یکی از شاخه‌های معروف ریاضی محض شامل بخش اول: کتگوری، ضرب، همضرب، شیء آزاد، ضرب مستقیم گروه‌ها، جمع مستقیم گروه‌های آبلی، گروه‌های آزاد، حاصل‌ضرب آزاد گروه‌ها، مولدها و روابط در گروه‌ها، گروه‌های آبلی آزاد، گروه‌های آبلی با تولید متناهی بخش دوم: مدول‌ها، مدول‌های آزاد، مدول‌های تصویری و مدول‌های یک‌به‌یک، Hom و ضرب تانسوری بخش سوم: شرایط زنجیری روی حلقه‌ها و مدول‌ها، ایده‌آل‌های اول و اولیه، مدول‌های و حلقه‌های نوتری و آرتینی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

تسلط بر مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در جبر پیشرفته با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با فضاهای ساختارهای جبری معروف شامل گروه‌ها، گروه‌های آبلی، مدول‌ها و حلقه‌ها

سرفصل درس

- معرفی مفهوم کتگوری به همراه چند مثال، معرفی دوشی هم‌ارز و ریخت هم ارزی، معرفی شیء جهانی و شیء هم جهانی همراه با مثال‌های متنوع در کتگوری‌های معروف.
- معرفی مفهوم ضرب و هم ضرب در یک کتگوری و اثبات منحصربه‌فردی این مفاهیم تا حد هم ارزی همراه با چند مثال، معرفی کتگوری ملموس و چند مثال.
- معرفی شیء آزاد در یک کتگوری ملموس همراه با چند مثال، اثبات منحصربه‌فردی شیء آزاد تا حد هم ارزی، نگاه به مفاهیم ضرب، هم ضرب و شیء آزاد به‌صورت شیء جهانی و شیء هم جهانی.
- معرفی مفهوم ضرب مستقیم در گروه‌ها و بررسی خواص اساسی آن، معرفی مفهوم ضرب مستقیم ضعیف خارجی یک خانواده از گروه‌ها و ارتباط آن با ضرب مستقیم و اثبات هم ضرب بودن آن در کتگوری گروه‌های آبلی.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

- معرفی مفهوم ضرب مستقیم ضعیف داخلی و ارتباط آن با ضرب مستقیم ضعیف خارجی و مطالعه این مفهوم در گروه‌های آبلی با عنوان جمع مستقیم. مطالعه ضرب مستقیم و ضرب مستقیم در ارتباط با هم‌ریختی گروه‌ها.
- معرفی گروه آزاد و بررسی خواص اساسی آن خاصیت شیء آزاد در کتگوری گروه‌ها.
- معرفی مفهوم نمایش یک گروه با مواد و روابط، قضیه وان دایک و بررسی چند مثال از نمایش گروه‌های معروف.
- معرفی ضرب آزاد گروه‌ها و خواص مقدماتی آن.
- معرفی گروه آبلی آزاد و خواص اساسی آن، بیان قضایای کلیدی برای شناخت بیشتر گروه‌های آبلی آزاد.
- گروه‌های آبلی با تولید متناهی و بیان و بیان قضیه‌ی اساسی آن، بررسی چند نتیجه مهم از قضیه اساسی گروه‌های آبلی با تولید با تولید متناهی مانند عکس قضیه لاگرانژ برای گروه‌های آبلی متناهی.
- بررسی ساختار گروه‌های آبلی متناهی بر اساس عوامل پایا و مقسوم‌علیه‌های مقدماتی و بررسی چند مثال.
- معرفی مفهوم مدول و بررسی خواص مقدماتی آن همراه با چند مثال، زیر مدول‌های دوری و تولیدشده و خواص آن‌ها.
- قضایای یکریختی در مدول‌ها، ضرب مستقیم و جمع مستقیم در مدول‌ها و ارتباط و خواص آن‌ها.
- معرفی دنباله‌های دقیق در مدول‌ها و مثال‌های آن، بیان و اثبات لم پنج کوتاه، معرفی دنباله دقیق شکافته شده و بررسی خواص معادل آن.
- معرفی مدول‌های آزاد و بررسی خواص اساسی آن، معرفی فضاهای برداری و بررسی مفاهیم و خواص مربوطه.
- بررسی خواص اساسی فضاهای برداری، معرفی حلقه‌های با خاصیت بعد پایا و مطالعه خواص اساسی آن.
- معرفی مدول‌های تصویری و بررسی خواص اساسی آن.
- معرفی مدول‌های یک‌به‌یک و مطالعه خواص اساسی آن، معرفی گروه‌های آبلی بخش‌پذیر و ارتباط با مدول‌های یک‌به‌یک.
- بیان و اثبات قضایایی که منجر به اثبات خاصیت اساسی مدول‌های یک‌به‌یک می‌شوند، هر مدول یگانی را می‌توان در یک مدول یک‌به‌یک نشاند.
- معرفی مفهوم Hom، معرفی مفهوم فانکتور و مطالعه خواص فانکتوری مفهوم Hom.
- ارتباط مفهوم Hom با مدول‌های یک‌به‌یک، تصویری و دنباله‌های دقیق.
- ارتباط مفهوم Hom با جمع و ضرب مستقیم مدول‌ها، معرفی دو مدول‌ها و ارتباط آن با مفهوم Hom.
- معرفی مفهوم ضرب تانسوری و بررسی خاصیت جهانی ضرب تانسوری، مطالعه خواص فانکتوری ضرب تانسوری.
- ارتباط دو مدول‌ها با ضرب تانسوری و معرفی نگاشت‌های دوخطی و خاصیت جهانی آن، ارتباط ضرب تانسوری با جمع مستقیم.

- قضیه شرکت‌پذیری الحاقی (ارتباط ضرب تانسوری با Hom) ارتباط ضرب تانسوری با مدول‌های آزاد.
- مطالعه خواص زنجیری در حلقه‌ها و مدول‌ها و ارتباط آن با شرط ماکسیمال.
- ارتباط شرایط زنجیری با دنباله‌های دقیق و سری‌های نرمال.
- ایده آل‌های اول و مجموعه‌های ضربی و قضیه اجتناب از ایده آل‌های اول، معرفی رادیکال یک ایده آل.
- خواص رادیکال ایده آل‌ها و معرفی ایده آل اولیه و تجزیه اولیه ایده آل‌ها زیر مدول‌های اولیه و قضیه تجزیه اولیه در مدول‌های نوتری.
- مطالعه حلقه و مدول‌های نوتری و بررسی خواص آن‌ها قضیه اشتراک کرول، لم ناکایاما و قضیه پایه‌ای هیلبرت.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Hungerford, T.W. (2012). *Algebra, GTM 73*, Springer-Verlag, New York.

منابع فرعی:

هنگرفورد، توماس (۱۳۹۳). جبر، ترجمه علی‌اکبر عالم زاده و حسین ذاکری، نشر پژوهش.

Rotman, J.J. (2010). *Advanced Modern Algebra*, American Math. Soc, Vol. 114.

Terras, A. (2019). *Abstract Algebra with Applications*, Cambridge University Press.

دروس اختیاری کارشناسی ارشد

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **توپولوژی دیفرانسیل**

عنوان درس (انگلیسی):**Differential Topology**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ☐ ندارد ■ پیش‌نیاز: –

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد ☐ ندارد ■

هدف درس

معرفی مبانی توپولوژی دیفرانسیل و قضایای مرتبط با تأکید بر کاربرد آن در دستگاه‌های دینامیکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک مبانی توپولوژی دیفرانسیل، توپولوژی نگاشت‌های مشتق پذیر، نظریه تقاطع اریب، نظریه مورس

سرفصل درس

- مروری بر مفاهیم و قضایای اساسی منیفلدهای مشتق پذیر، منیفلدهای مرزدار، قضیه نقطه ثابت براور
- فضاهای توابع، تقریب‌های فیبره و قضایای مرتبط، توپولوژی نگاشت‌ها و قضیه ویتنی
- تقاطع اریب و قضایای مرتبط، قضیه سارد
- درجه نگاشت‌ها، مشخصه اویلر، میدان‌های برداری، کلاف‌های برداری و دسته‌بندی آن‌ها، همسایگی‌های لوله‌ای
- دسته‌بندی رویه‌های فشرده
- نظریه مورس و قضایای مرتبط، کوبوردیسم، ساختار پونتریاگین، قضیه هاپف، ایزوتوپی‌ها.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: –	

منابع

منابع اصلی:

Hirsch, Morris W. (1997). *Differential Topology*, Springer.

Pollack, A. & Guillemin, V. (1974). *Differential Topology*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

منابع فرعی:

Milnor, J.W. (1997). *Topology from differentiable view point*, Princeton University Press.

Wall, C.T.C. (2016). *Differential Topology*, Cambridge University Press.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های دینامیکی ۱**				
عنوان درس (انگلیسی):**Dynamical Systems I**				
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: هم نیاز با هندسه منیفلد ۱	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □	ندارد ■

هدف درس

بررسی مبانی دستگاه‌های دینامیکی و معرفی تعدادی از دستگاه‌های دینامیکی مهم

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک مفاهیم و مبانی دستگاه‌های دینامیکی با هدف مطالعه چگونگی مدل‌سازی مسائل صنعتی، اجتماعی و مدیریتی و غیره

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر دستگاه‌های دینامیکی، مفاهیم اساسی در دستگاه‌های دینامیکی: مدارهای تناوبی، رفتارهای بازگشتی، ترایایی، ویژگی کمین بودن
- قضایای بازگشتی، قضیه بازگشتی پوانکاره
- مثال‌های اساسی: انقباض‌ها، دوران‌ها (گویا و اصم)، فلوهای گرادیان، توابع مورس-اسمیل
- دینامیک‌های روی دایره: عدد چرخش، مثال دنجوی و قضیه مرتبط، دسته‌بندی پوانکاره
- نگاشت‌های انبساطی، دینامیک نمادین، نگاشت شیفت، نگاشت زیر شیفت، ترایای توپولوژیکی، آمیخته توپولوژیکی
- نعل اسب اسمیل، خودریختی‌های چنبره‌ای، فلوهای ژیودزیک و دورانی روی سطوح، نظریه خمیری
- نظریه پایداری: پایداری ساختاری، نقاط تناوبی هذلولوی، پایداری ساختاری موضعی، قضیه هارتمن-گرابمن
- نمای لیاپانف، حساسیت به شرایط اولیه، آنتروپی، آنتروپی توپولوژیک و قضایای مرتبط.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Barreira, L. & Valls, C. (2013). *Dynamical Systems: An Introduction*, Springer.

Brin, M. & Stuck, G. (2002). *Introduction to Dynamical Systems*, Cambridge University Press.

Devaney, R. (2003). *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*, 2nd ed. Westview Press.

Hasselblatt, B. & Katok, A. (2003). *A First Course in Dynamics: with a Panorama of Recent Developments*, Cambridge University Press.

Palis, Jr, J, & de Melo, W. (1982). *Geometric theory of dynamical systems, an introduction*, Springer-Verlag, New York-Berlin.

منابع فرعی:

Bosch, P.P. Van den. & Klauw, A.C. Van der. (2020). *Modelling, identification and simulation of dynamical sy1stems*, CRC Press.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های دینامیکی ۲**				
عنوان درس (انگلیسی):**Dynamical Systems II**				
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □	ندارد ■

هدف درس

مطالعه‌ی دستگاه‌های دینامیکی هموار و ویژگی‌های پیشرفته‌تری از دستگاه‌های دینامیکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

بررسی دینامیک‌های هموار، دینامیک هذلولوی، کلاس‌های هموکلینیک، جاذب‌های پیچیده که دارای دینامیک غنی می‌باشند.

سرفصل درس

- مجموعه‌های هذلولوی، مجموعه‌های هذلولوی ماکسیمال موضعی، فلوی هذلولوی، فلوی ژیودزیک، مخروط‌های ناوردا، پایداری مجموعه‌های هذلولوی
- دستگاه‌های اصل آ، دستگاه‌های مورس-اسمیل، مدارهای شبه تناوبی، ویژگی سایه زنی، نگاشت‌های توسعه‌ای، ساختار ضرب موضعی، قضیه تجزیه طیفی اسمیل
- پایداری ساختاری، امگا پایداری، ساختار ضرب موضعی، پایداری مجموعه‌های هذلولوی، نقاط هموکلینیکی، رده‌های هموکلینیکی
- نگاشت نعل اسب، نگاشت آنوسف، افراز مارکف
- قضیه پوانکاره بندیکسون و کاربردهای آن
- جاذب‌ها، جاذب‌های عجیب، جاذب سلونویید، جاذب پلیکین، جاذب هنون
- منیفلدهای پایدار و ناپایدار، قضیه منیفلد پایدار تعمیم‌یافته، منیفلد مرکزی، منیفلدهای ناوردا، لم بستن آنوسوف، لامبدا لم.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Brin, M. & Stuck, G. (2002). *Introduction to Dynamical Systems*, Cambridge University Press.

Hasselblatt, B. & Katok, A. (2003). *A First Course in Dynamics: with a Panorama of Recent Developments*, Cambridge University Press.

Palis, J. & Welington, Jr. d. (1982). *Geometric theory of dynamical system, an introduction*, Translated from the Portuguese by A. K. Manning. Springer-Verlag, New York-Berlin.

Robinson. (1999). *Dynamical Systems, Stability, Symbolic Dynamics, and Chaos*, 2th Edition, Studies in Advanced Mathematics, CRC Press, Boca Raton, FL.

منابع فرعی:

Barreira L. & Pesin, Y. (2007). *Encyclopedia of Mathematics and Its Applications*, Cambridge University Press.

Bosch, P.P. Van den. & Klauw, A.C. Van der. (2020). *Modelling, identification and simulation of dynamical systems*, CRC Press.

Pesin, Y. (2006). *Lectures on Partial Hyperbolicity and Stable Ergodicity*, Zurich Lectures in Advanced Mathematics.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های دینامیکی توپولوژیکی**			
عنوان درس (انگلیسی):**Topological Dynamical Systems**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد☐	ندارد■	پیش‌نیاز: -
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد☐ ندارد■

هدف درس

بررسی دستگاه‌های دینامیکی توپولوژیکی، خواص و قضایای آن

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک دینامیک‌های توپولوژیک و ویژگی‌های آن، دینامیک‌های بازگشتی و رفتارهای آشوبناک

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر دستگاه‌های دینامیکی توپولوژیکی و مفاهیم اولیه، نقاط ثابت و تناوبی، مجموعه‌های ناوردا، ترایای توپولوژیکی، مجموعه‌های حدی، مزدوجی توپولوژیکی، هم‌پیوستگی، آمیختگی ضعیف
- ارائه چند مثال، دستگاه‌های دینامیکی روی خط حقیقی، تکرار گرافیکی، نگاشت خیمه بریده‌شده، گراف مارکوف مدار تناوبی
- مجموعه‌های حدی، پایداری، پایداری و پایداری مجانبی نقاط تناوبی، رفتارهای بازگشتی، نقاط تقریباً تناوبی، نقاط ناسرگردان، بازگشتی زنجیری
- فضای شیفت، نگاشت شیفت و زیر شیفت، افرازهای توپولوژیکی
- نگاشت‌های حساس، آشوب، نعل اسب برای نگاشت‌های بازه‌ای، انتروپی، انتروپی برای نگاشت‌های بازه‌ای، آشوب از دیدگاه دیوینی، آشوب لی-یورک.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Akin, E. (1993). *The General Topology of Dynamical Systems*, Graduate Studies in Mathematics, American Mathematical Society.

Devaney, R. (2018). *An introduction to chaotic dynamical systems*, CRC Press.

Hiraide, K. & Aoki, N. (1994). *Topological Theory of Dynamical Systems: Recent Advances*, North-Holland.

Vries, Jan de (2014). Topological Dynamical Systems: An Introduction to the Dynamics of Continuous Mappings, De Gruyter Studies in Mathematics, 59.

منابع فرعی:

Gottschalk, W.H. & Hedlund, G.A. (1955). *Topological dynamics*, American Mathematical Soc.

Vries, J. De (2013). *Elements of topological dynamics*, Springer Science & Business Media.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **گروه‌های توپولوژیکی**			
عنوان درس (انگلیسی):**Topological Groups**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ☐	ندارد ■	پیش‌نیاز: -
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد ☐ ندارد ■

هدف درس

معرفی و مطالعه برخی از مفاهیم و مباحث اصلی و پایه شاخه گروه‌های توپولوژیکی از شاخه‌های معروف رشته ریاضی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در گروه‌های توپولوژیکی با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با ساختارهای توپولوژیک روی گروه‌ها.

سرفصل درس

- فضاهای توپولوژیک و گروه‌ها
- گروه‌های موضعی
- متریک پایا
- گروه‌های تبدیل
- گروه‌های فشرده موضعی
- زیرگروه‌های باز، زیرگروه‌های ماتریسی
- فضاهای همگن
- مسئله پنجم هیلبرت
- حاصل‌ضرب گروه‌های توپولوژیک
- حاصل‌ضرب نیم مستقیم
- گروه‌های فشرده وآبلی
- زیرگروه‌های کوچک
- گروه‌های لی فشرده موضعی

- پارش یکا و قضیه‌های مربوط به پیرافشردگی
- گروه‌های آبلی نامتناهی.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Alexander, A. & Tkachenko, M. (2008). *Topological groups and related structures*, Atlantis Press, Paris, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, Hackensack, NJ.

Husain, T. (2018). *Introduction to Topological Groups*, Dover Publications.

منابع فرعی:

Chandrasekharan, K. (2011). *A Course on Topological Groups*, Reprint of the 1996 original, Hindustan Book Agency, New Delhi.

Montgomery, D. & Zippin, L. (1974). *Topological transformation groups*, Reprint of the 1955 original, Robert E. Krieger Publishing Co, Huntington, N.Y.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **معادلات دیفرانسیل عادی ۱**

عنوان درس (انگلیسی):**Ordinary Differential Equations I**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ☐ ندارد ■ پیش‌نیاز: –

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد ☐ ندارد ■

هدف درس

بررسی و مطالعه مبانی نظریه معادلات دیفرانسیل

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

- درک مبانی نظریه معادلات دیفرانسیل عادی
- حل و بحث دستگاه‌های خطی و غیرخطی رفتار منحنی‌های جواب و نظریه پایداری

سرفصل درس

- دستگاه معادلات خطی، معادلات مرتبه دو با ضرایب ثابت، دستگاه‌های خطی صفحه‌ای، دستگاه‌های خطی جفت نشده، قطری سازی، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، فرم‌های کانونی و جردن، عملگر نمایی، حل معادلات خطی، صفحه فاز، نمای فاز، اصل خطی شدن، نقاط تعادلی، انواع و دسته‌بندی آن‌ها
- نوسانگر همساز، میرایی و رزنانس، دستگاه‌های خطی غیر خودگردان، دستگاه‌های همگن و دستگاه‌های غیر همگن، قضایای و جود و یکتایی جواب، وابستگی پیوسته منحنی‌های جواب نسبت به‌شرط اولیه، بازه ماکسیمال و جواب ماکسیمال، وابستگی مشتق پذیر به شرایط اولیه
- خطی سازی، نقاط تعادل در سیستم‌های غیرخطی، رفتار منحنی‌های جواب در نزدیکی نقاط تعادلی، جواب‌های تناوبی، سیکل‌های حدی
- نظریه پایداری، پایداری، پایداری مجانبی، دامنه جذب، پایداری و ناپایداری به روش تابع لیاپانف، کاربردهای روش لیاپانف.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

مراجع اصلی:

Coddington E.A. & Levinson, N. (1995). *Theory of Ordinary Differential Equations*, Mc-Graw Hill.

Hirsch, W. & Smale S. & Devaney, R.L. (2013*). Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*, 3ed Edition Elsevier Academic Press.

Perko, L. (2006). *Differential Equations and Dynamical Systems*, Springer-Verlag, New York.

منابع فرعی:

Hale, J. K. (1997). *Ordinary Differential Equations*, Dover Publications INC.

Butcher, J.C. (2016). *Numerical methods for ordinary differential equations*, John Wiley & Sons.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **هندسه جبری**				
عنوان درس (انگلیسی):**Algebraic Geometry**				
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: جبر پیشرفته	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □	ندارد ■

هدف درس

معرفی و مطالعه برخی از مفاهیم و مباحث اصلی و پایه شاخه هندسه جبری از شاخه‌های معروف رشته ریاضی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

ارائه مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در هندسه جبری با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با مفاهیم هندسی

سرفصل درس

- چندگوناهای آفین و توپولوژی زاریسکی و حلقه مختصاتی
- مجموعه‌های بسته و توابع منظم
- نگاشت‌های منظم در فضاهای آفین
- توابع گویا و نگاشت‌های گویا
- واریته‌های بسته تصویری
- نگاشت‌های منظم
- ضرب واریته‌های بسته تصویری
- بستاریک واریته آفین، نگاشت‌های متناهی
- قضیه هنجار سازی، بعد، بعد تقاطع دو واریته، قضیه بعد تارها
- مختصات چا و برای یک واریته تصویری
- حلقه موضعی در یک نقطه
- فضای مماس و ناوردایی آن، مخروط مماس
- پارامترهای موضعی در یک نقطه و سری‌های توانی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

- زیر واریته‌های ناتکین
- یکتایی تجزیه حلقه موضعی در نقاط ساده
- ساختار ریختارهای دو گویا.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Hartshorne, R. (1997). *Algebraic geometry*, Graduate Texts in Mathematics, No. 52. Corr. 8th Edition, Springer Verlag, New York-Heidelberg.

Liu, Q. (2002). *Algebraic geometry and arithmetic curves*, Translated from the French by Reinie Erné, Oxford Graduate Texts in Mathematics, 6. Oxford Science Publications. Oxford University Press, Oxford.

Perrin, D. (2008). *Algebraic Geometry*, An Introduction, Springer.

Shafarevich, I.R. (2013). *Basic algebraic geometry*. 1. Varieties in projective space, 3th Edition, Springer, Heidelberg.

منابع فرعی:

Bump, D. (1998). *Algebraic Geometry*, 1st Edition,WSPC.

Lefschetz, S. (2016). *Algebraic Geometry*, Princeton University Press.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **هندسه دیفرانسیل**				
عنوان درس (انگلیسی):**Differential Geometry**				
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: هندسه منیفلد ۱	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □	ندارد ■

هدف درس

مطالعه برخی از مفاهیم و مباحث اصلی و پایه شاخه هندسه دیفرانسیل از شاخه‌های معروف رشته ریاضی.

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در هندسه دیفرانسیل با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با مفاهیم هندسی.

سرفصل درس

- مطالعه منیفلد (خمینه) های همتافته
- مروری بر برخی ساختارهای هندسی و توپولوژیکی خمینه‌های (شبه) ریمانی
- میدان (های) برداری ژاکوبی
- Killing فضاهای همگن
- گروه‌های طولپایی
- فضاهای موضعاً متقارن
- فضا فرم‌ها
- حساب وردشی
- نقطه‌های مزدوج
- چند قضیه سراسری (قضیه Hadamard، قضیه Myers و...).

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Helgason, S. (2001). *Differential geometry, Lie groups, and symmetric spaces*, American Mathematical Society, Providence, RI.

Jost, Jürgen, (2011). *Riemannian geometry and geometric analysis*, 6th Edition, Springer, Heidelberg.

Kobayashi S. & Nomizu, K. (1996). *Foundations of differential geometry*, Vol. I. John Wiley & Sons, Inc.

O'Neill, B. (1983). *Semi-Riemannian geometry with applications to relativity*, Academic Press, Inc. [Harcourt Brace Jovanovich, Publishers].

Petersen, P. (2006). *Riemannian geometry*, 2th Edition, Springer.

منابع فرعی:

Oprea, J. (2019). *Differential geometry and its applications*, American Mathematical Soc.

Sakai, T. (1996). *Riemannian geometry*, Translated from the 1992 Japanese original by the author, American Mathematical Society, Providence, RI.

بسته دروس مشترک

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **آشوب و کاربردهای آن در مهندسی پزشکی**			
عنوان درس (انگلیسی): **Chaos and its Applications in Biomedical Engineering**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □		پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه کاربرد آشوب، انشعاب و دستگاه‌های دینامیکی در مهندسی پزشکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی مدل‌های سیگنالی و ارتباط آن با مباحث دستگاه‌های دینامیکی.

سرفصل درس

- سیستم‌های غیرخطی پویا، تحلیل دینامیکی سیستم‌های غیرخطی
- ریاضیات رفتارگونه آشوب
- هندسه فرکتال و آشوب، فراکتال‌ها و بعدهای فراکتالی، بعد هاسدورف و بعد جعبه‌ای
- رویکرد پردازش آشوب
- رویکرد مدل‌سازی و کنترل آشوب
- رویکرد کاربرد آشوب در مهندسی پزشکی
- مدل‌های آشوبناک در مهندسی پزشکی و تحلیل دینامیکی آن‌ها.

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Hoppensteadt, F.C. (2000). *Analysis and simulation of chaotic system*, Springer.

Slotine, J.J. (1991). *Applied Nonlinear Control*, Prentice Hall Press.

منابع فرعی:

Skiadas, C.H. & Skiadas, C. (2017). *Handbook of applications of chaos theory*, CRC Press.

Gupta, V. Mittal, M. & Mittal, V. (2021). Chaos theory and ARTFA, Emerging tools for interpreting ECG signals to diagnose cardiac arrhythmias, *Wireless Personal Communications*, 118(4), 3615-46.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **تحلیل داده‌های توپولوژیکی**			
عنوان درس (انگلیسی):**Topological Data Analysis**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه مفاهیم مقدماتی و بنیادین تحلیل داده و استفاده از ابزارهای توپولوژی جبری به‌منظور کاربرد در تحلیل داده‌ها.

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

توانایی کار با مفاهیم مقدماتی و بنیادین مبحث تحلیل داده توپولوژیکی و ایجاد ارتباط بین توپولوژی جبری و تحلیل داده‌ها

سرفصل درس

- مفاهیم پایه‌ای تحلیل داده‌ها
- روش‌های تحلیل داده خوشه‌ای
- مجتمع‌های سادکی و نمایش‌های ترکیبیاتی
- همولوژی سادکی و همولوژی ماندگار
- نمودار ماندگاری و بارکد
- روش‌های تحلیل داده توپولوژیکی.

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Carlsson, G. & Vejdemo-Johansson, M. (2021). *Topological Data Analysis with Applications*, Cambridge University Press.

Carlsson, G. (2009). Topological and Data, *Bull. Amer. Math*. Soc. 46, 255-308.

Chazal, F. & Michel, B. (2017). *An introduction to Topological Data Analysis: fundamental and practical aspects for data scientists*, arXiv preprint arXiv:1710.04019.

Ghrist, R. (2008). Barcodes: the persistent topology of data, *Bulletin of the American Mathematical Society*, 45.1, 61-75.

Zomorodian, A. (2012). Topological data analysis, *Advances in applied and computational topology*, 70, 1-39.

منابع فرعی:

Blum, A.; Hopcroft, J. & Kannan, R. (2020). *Foundations of Data Science*, Cambridge University Press.

Carlsson, G. (2014). Topological pattern recognition for point cloud data, *Acta Numerica*, 289-368.

Tierny, J. (2017). *Introduction to Topological Data Analysis*, Doctoral. France.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **توپولوژی جبری ۲**				
عنوان درس (انگلیسی):**Algebraic Topology II**				
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: هم نیاز با توپولوژی جبری ۱	
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □	ندارد ■

هدف درس

معرفی و مطالعه مفاهیم و مباحث اصلی و پایه‌ای نظریه‌های همولوژی در توپولوژی جبری شامل نظریه همولوژی تکین و همولوژی سادکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در نظریه‌های همولوژی در توپولوژی جبری با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با فضاهای توپولوژیکی شامل مطالعه کره‌ها، قضیه نقطه ثابت براور، همسان ریخت نبودن فضاهای اقلیدسی با ابعاد متفاوت، قضیه زایفرت–ون کمپن

سرفصل درس

- یادآوری گروه‌های آبلی آزاد
- همبافت تکین و فانکتورهای همولوژی
- اصل بعد و تکیه‌گاه‌های فشرده
- اصل هموتوپی و قضیه هرویچ
- کتگوری همبافت‌ها
- دنباله‌های همولوژی دقیق
- همولوژی تحویل یافته
- قضیه برش و قضیه میر–ویتوریس
- همولوژی کره‌ها و برخی از کاربردهای آن
- زیر تقسیم مرکز ثقلی و اثبات اصل برش
- کاربردهایی در فضاهای اقلیدسی

- سادک‌ها و همبافت‌های سادکی
- تقریب سادکی
- همبافت‌های سادکی مجرد
- همولوژی سادکی
- مقایسه همولوژی تکین و همولوژی سادکی
- محاسبه همولوژی سادکی چند فضای توپولوژیکی معروف
- گروه‌های بنیادین چند وجهی‌ها
- قضیه زایفرت-ون کمپن.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Hatcher, A. (2005). *Algebraic Topology*, Cambridge University Press, 2005, Last updated June 2, 2021, https://pi.math.cornell.edu/~hatcher/AT/corrections5.html

Munkres, J.R. (2018). *Elements of Algebraic Topology*, CRC Press.

Rotman, J.J. (2013). *An Introduction to Algebraic Topology*, GTM 119, Springer.

منابع فرعی:

Massey, W.S. (1991). *A Basic Course in Algebraic Topology*, Springer Science & Business Media.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های دینامیکی پیشرفته**

عنوان درس (انگلیسی): **Advanced Dynamical Systems**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

معرفی مباحث پیشرفته در دستگاه‌های دینامیکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

درک مباحث پیشرفته در نظریه دستگاه‌های دینامیکی، نظریه پایداری، منیفلدهای ناوردای هموار و کاربردهای آن در مدل‌سازی ریاضی

سرفصل درس

- نظریه پایداری، نقاط هموکلینیکی، کلاس‌های هموکلینیکی، دیفیومورفیسم‌های اصل A، قضیه تجزیه طیفی اسمیل، انشعاب هموکلینیکی
- بعد هاسدورف و ظرفیت حدی و کاربرد آن در مجموعه‌های اساسی نقاط ناسرگردان
- جاذب‌ها، جاذب سلونوئید، جاذب لورنس
- قضیه منیفلد پایدار تعمیم‌یافته، منیفلدهای ناوردا
- ساختار ضرب موضعی، افراز مارکوف، شبه‌مدارها و خاصیت سایه زدن
- منیفلدهای ناوردای هموار، بخش‌های ناوردای مشتق‌پذیر برای انقباض‌های تاری، کلاف‌های برداری و گراف‌های ناوردا، قضیه گراف ناوردا
- هذلولوی بودن نرمال، تجزیه‌های ناوردای مشتق‌پذیر، مشتق‌پذیری منیفلد مرکزی، تداوم منیفلدهای ناوردای انقباضی نرمال، قضیه هرش–اسمیل–شوب، مجموعه‌های هذلولوی جزئی، تجزیه مغلوب، برگه بندی‌های هموار
- اندازه‌های شرطی، قضیه راخلین
- نظریه تقاطع اریب و عمومیت آن.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Bonatti, C.; Díaz, L.J. & Viana, M. (2005). *Dynamics Beyond Uniformly Hyperbolicity*, Springer-Verlag, Berlin.

Robinson, C. (1999). *Dynamical systems, Stability, symbolic dynamics, and chaos*, 2th Edition, Studies in Advanced Mathematics.CRC Press, Boca Raton, FL.

Katok, A. & Hasselblatt, B. (1997). *Introduction to the modern theory of dynamical systems*, Cambridge university press.

منابع فرعی:

Meiss, J.D. (2007). *Differential dynamical systems*, Society for Industrial and Applied Mathematics.

Palis, J.J. & De Melo, W. (2012). *Geometric theory of dynamical systems: an introduction*, Springer Science & Business Media.

Van den Bosch, P.P. & Van der Klauw, A.C. (2020). *Modeling, identification and simulation of dynamical systems*, crc Press.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های دینامیکی تصادفی**			
عنوان درس (انگلیسی): **Random Dynamical Systems**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه مبانی و درک رفتار سیستم‌های تصادفی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی نظریه دستگاه‌های دینامیکی تصادفی، مفاهیم و قضایای مرتبط و کاربردهای آن در مدل‌سازی ریاضی

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر سیستم‌های دینامیکی تصادفی، تعریف دستگاه دینامیکی تصادفی، اندازه‌های ناوردا برای دستگاه‌های دینامیکی تصادفی اندازه‌پذیر
- دستگاه‌های دینامیکی تصادفی گسسته، پادضرب‌ها، اندازه‌های ناوردا در پادضرب‌ها، دستگاه‌های توابع تکرار، ساختار و ویژگی‌های دستگاه‌های تابع تکرار، نگاشت‌های چوله
- دستگاه‌های دینامیکی نمادین و ویژگی‌های آن، بلندرهای نمادین و هندسی
- مجموعه‌های تصادفی، نظریه عمومی هم دوری و نظریه ارگودیک، نماهای لیاپانف، قضیه ارگودیک چندگانه، قضیه فورستنبرگ-کستن
- دستگاه‌های دینامیکی هموار تصادفی، منیفلدهای ناوردای پایدار و ناپایدار در دستگاه‌های تصادفی، قضیه هارتمن-گرابمن در دستگاه‌های تصادفی
- منیفلدهای مرکزی، نظریه انشعاب در دستگاه‌های تصادفی و انواع آن
- جاذب‌ها برای دستگاه‌های دینامیکی تصادفی، پایداری تصادفی و لغزش‌ها
- اندازه‌های شرطی و قضیه روخلین.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Arnold, L. (2010). *Random dynamical systems*, Springer, Monographs in Mathematics, Springer-Verlag, Berlin.

Bhattacharya, R. & Majumdar, M. (2007). *Random dynamical systems: Theory and applications*, Cambridge University Press, Cambridge.

Kiffer, Y. (1986). *Ergodic Theory of Random Transformations*, Birkhauser.

منابع فرعی:

Bonatti, C. & Díaz, L.J. & Viana, M. (2005). *Dynamics Beyond Uniformly Hyperbolicity*, Springer-Verlag, Berlin.

Caraballo, T. & Han, X. (2017). *Applied non-autonomous and random dynamical systems*, Applied dynamical systems. Springer.

Freidlin, M.I. & Wentzell, A. D. (2014). *Random perturbation of dynamical systems*, Springer-Verlag.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های دینامیکی در علوم اعصاب**

عنوان درس (انگلیسی): **Dynamical Systems in Neuroscience**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه و ارائه کاربردهای دستگاه‌های دینامیکی و به‌طور خاص انشعاب‌ها در علوم اعصاب

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

- معرفی مدل‌های نورونی و ارتباط آن با مباحث دستگاه‌های دینامیکی
- توانایی شبیه‌سازی دینامیک‌های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل و نگاشت در نرم‌افزار متلب

سرفصل درس

- مقدمات: الکتروفیزیولوژی غشاء تحریک‌پذیر در سلول‌های عصبی و عضلانی، کانال‌های یونی، پتانسیل عمل، معادلات هاجکین-هاکسلی استفاده از معادلات دیفرانسیل در مدل‌سازی رفتار یک دستگاه دینامیک با نگاه هندسه ریاضی (بررسی انواع رفتار دستگاه دینامیک، طریقه به دست آوردن نقاط ثابت و تعیین نحوه عملکرد آن‌ها، بردار ویژه، مقدار ویژه، ماتریس ژاکوپین، نقاط پایدار، ناپایدار و زینی)
- مدل یک‌بعدی هاجکین-هاکسلی: الکتروفیزیولوژی نرون تحریک‌پذیر از دیدگاه دینامیک دستگاه، تحلیل هندسی مدل هاجکین هاکسلی در شرایط یک‌بعدی و بررسی انشعاب‌های ممکن، انشعاب گره زینی در مدل هاجکین هاکسلی، شبیه‌سازی مدل‌های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل در متلب.
- مدل دوبعدی و سه‌بعدی هاجکین-هاکسلی: تحلیل هندسی مدل هاجکین هاکسلی در شرایط دوبعدی و بررسی انشعاب‌های ممکن (میدان برداری، تحلیل فضای فاز و...) بررسی پایداری در مدل هاجکین-هاکسلی، مدارهای هتروکلینیک و هموکلینیک مدل هاجکین-هاکسلی، انشعاب هاف، مدل فیتزهوگ-ناگومو، مدل‌های مینیمال- متغیرهای گیت، مدل $I_{\{Nap\}} + I_K$
- مفهوم انشعاب در رفتار سلول عصبی: نقطه تعادل، وضعیت استراحت نرون (انشعاب گره زینی، انشعاب گره زینی روی چرخه ثابت، اندروف هاف فوق بحرانی و زیربحرانی) سیکل حدی، وضعیت اسپایکینگ نرون (انشعاب گره زینی روی چرخه ثابت– اندروف هاف فوق بحرانی- هموکلینیک) انشعاب چنگالی

- مقایسه مدل‌های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل و معادلات مبتنی بر نگاشت
- کاربرد نگاشت در مدل‌سازی رفتار یک دستگاه دینامیک: (بررسی انواع رفتار دستگاه دینامیک، طریقه به دست آوردن نقاط ثابت و تعیین نحوه عملکرد آن‌ها، بردار ویژه، مقدار ویژه، ماتریس ژاکوپین، نقاط پایدار، ناپایدار و زینی)، نگاشت یک‌بعدی در بررسی رفتار سلول تحریک‌پذیر عصبی، نگاشت دوبعدی در بررسی رفتار سلول تحریک‌پذیر عصبی، نگاشت سه‌بعدی در بررسی رفتار سلول تحریک‌پذیر عصبی (نگاشت KTZ)، مدل‌سازی فرآیندهای شناختی، شبیه‌سازی معادلات مبتنی بر نگاشت در متلب.

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود

روش یاددهی یادگیری

استفاده از منابع و نرم‌افزار متلب

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

تجهیزات، امکانات و نرم‌افزارهای موردنیاز

ابزار نمایش نحوه شبیه‌سازی دینامیک دستگاه

منابع

منابع اصلی:

Ibarz, B. Casado, J.M. & Sanjuán, M.A. (2011). Map-based models in neuronal dynamics, *Physics reports*, 501(1-2), 1-74.

Kevich E.M. & Moehlis, J. (2009). Dynamical Systems in Neuroscience: The geometry of ecitability: and bursting, *SIAM review*. P, 327.

Kuznetsov, A. (1998). *Elements of applied bifurcation theory*, Spring- Verlag.

Strogatz, S.H. (2018). *Nonlincar dynamics and chaos: with applications to physics, biology and chemistry*, perseus publishing.

منابع فرعی:

Courbage M. & Nekorkin, V.I. (2010). Map based models in neurodynamics, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 20(06), 1631-1651.

Favela, L.H. (2020). *The dynamical renaissance in neuroscience*, Synthese.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دستگاه‌های نگهدار**			
عنوان درس (انگلیسی): **Conservative Systems**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه دستگاه‌های نگهدار و قضایای مرتبط

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی دستگاه‌های نگهدار و قضایای مرتبط

سرفصل درس

- فضاهای همتافته خطی و هندسه آن‌ها
- قضیه داربو برای فرم‌های همتافته و فرم‌های تماسی
- نظریه غیرخطی فضاهای همتافته، مفاهیم اساسی توپولوژی همتافته
- هندسه لاگرانژی، قضیه همسایگی لاگرانژی واناشتاین، قضیه گیونتال در جرم واریته لاگرانژی، فن فاناشتاین گراف لاگرانژی
- نگاشت تکانه و نظریه کاهش، مقدمه‌ای بر حساب تغییرات یک‌بعدی
- هندسه دستگاه‌های هامیلتونی و لاگرانژی، کاربرد در مکانیک کلاسیک و دستگاه‌های انتگرال پذیر.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

ادوارهای آماده ریزی درسی دانشگاه

منابع

منابع اصلی:

Arnold, V.I. (1989). *Mathematical Methods of classical mechanics*, Graduate Texts in Mathematics, 60, 2th Edition, Springer-Verlag.

Cannas, A. (2001). *Lectures on symplectic geometry*, Lecture Notes in Mathematics, 1764, Springer-Verlag.

Moser, J. & Zehnder, E.J. (2005). *Notes on dynamical systems*, Courant Lecture Notes in Mathematics, 12.

منابع فرعی:

Ingerle, K. (2018). *Non-conservative systems: new static and dynamic stability criteria*, CRC Press.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دینامیک غیرخطی و آشوب**			
عنوان درس (انگلیسی): **Nonlinear Dynamics and Chaos**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □		پیش‌نیاز: معادلات دیفرانسیل عادی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

مطالعه مفاهیم و اصول دینامیک غیرخطی و آشوب

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

شناخت دینامیک‌های غیرخطی با تأکید بر نظریه آشوب و کاربرد آن در مدل‌سازی

سرفصل درس

- معرفی دینامیک‌های غیرخطی و مفاهیم مرتبط
- نقاط ثابت انواع آن و تحلیل پایداری (پایداری لیاپانف)
- سیکل حدی و دوشاخه شدن، تحلیل پایداری سیکل‌های حدی
- نمای لیاپانوف و آشوب همراه با ذکر چند مثال
- آشوب در سیستم‌های هامیلتونی
- فرکتال‌ها و سامانه‌های پیچیده
- تحلیل دینامیکی چند مثال معروف
- مدل‌های آشوبناک در علوم مهندسی، فیزیک، اقتصاد و غیره.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Cambel, A.B. (1993). *Applied chaos theory: A paradigm for complexity*, Elsevier.

Hilborn, R.C. (2000). *Chaos and nonlinear dynamics: an introduction for scientists and engineers*, Oxford University Press on Demand.

Strogatz, SH. (1994). *Nonlinear dynamics and chaos: with applications to Physics*, Biology, Chemistry.

منابع فرعی:

Thompson, J.M. Stewart, H.B. & Turner, R. (1990). Nonlinear dynamics and chaos, *Computers in Physics*, 4(5):562-3

Volchenkov, D. (2020). *Nonlinear Dynamics, Chaos, and Complexity: In Memory of Professor Valentin Afraimovich*, Springer Nature.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دینامیک‌های آشوبناک در معادلات دیفرانسیل عادی**

عنوان درس (انگلیسی): **Chaotic Dynamics in Ordinary Differential Equations**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: معادلات دیفرانسیل عادی ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

بحث و بررسی دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل با تأکید بر دستگاه‌های غیرخطی، منحنی‌های جواب، نقاط تعادلی و نظریه پایداری

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل آشوبناک از قبیل معادلات لورنز و شیلنیکوف، رفتار منحنی‌های جواب.

سرفصل درس

- دستگاه معادلات غیرخطی، نقاط تعادلی در دستگاه‌های غیرخطی، خطی سازی، نقاط تعادلی هذلولوی، قضیه هارتمن-گرابمن، هم ارزی دینامیکی، رفتار منحنی‌های جواب در نزدیکی نقاط تعادلی
- جواب‌های تناوبی، تکنیک‌های غیرخطی سراسری، نول کلاین‌ها، دستگاه‌های گرادیان، دستگاه‌های هامیلتونی، سیکل‌های حدی، نظریه پایداری، دامنه جذب
- قضیه پوانکاره بندیکسون، جعبه فلو و نگاشت پوانکاره، کاربردهای قضیه پوانکاره بندیکسون
- مدل‌های بیولوژیک و مدل‌های مدارهای الکتریکی
- انشعاب گره-زینی، انشعاب چنگال، انشعاب هاپف، اتصال زینی، جواب هتروکلینیک
- مقدمه‌ای بر دستگاه لورنز، جاذب لورنز، جاذب آشوبناک
- دستگاه شیلنیکف، نقاط هموکلینیکی و انشعاب هموکلینیکی، نگاشت نعل اسب.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Hirsch, W. Smale, S. & Devaney, R.L. (2012). *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*, 3th Edition, Elsevier Academic Press.

Perko, L. (2006). *Differential Equations and Dynamical Systems*, Springer-Verlag, New York.

منابع فرعی:

Layek, G.C. (2015). *An introduction to dynamical systems and chaos*, New Delhi, Springer.

Tsonis, A.A. (2012). *Chaos: from theory to applications*, Springer Science & Business Media.

طراحی برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دینامیک‌های غیرخطی در اقتصاد**			
عنوان درس (انگلیسی): **Nonlinear Dynamics in Economics**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

معرفی مفاهیم و اصول دینامیک غیرخطی و کاربرد آن در علوم اقتصادی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی دینامیک‌های غیرخطی و مدل‌سازی سیستم‌های اقتصادی.

سرفصل درس

- معرفی دینامیک‌های غیرخطی، نقاط تعادلی و تحلیل دینامیکی آن‌ها، ابزارها: روش‌های اغتشاش، پایداری ساختاری و فاجعه، آشوب و فراکتال‌ها
- فرم الگوی فضایی: الگوهای فضایی، عمل کمین، تشکیل سلول‌های شش‌ضلعی، الگوهای بهینه، الگوهای ساختار پایدار
- پایداری ساختاری فلوها، تفسیر اقتصادی مدل
- دینامیک جمعیت: مدل هتل داری اصلی، جواب‌های ایستا، رشد خالص، رشد و انتشار، پریود و دامنه، پایداری ساختاری مدل هتل داری، پایداری ساختاری مدل تولید
- چرخه تجارت: مدل ضربگر-شتابگر، توابع سرمایه‌گذاری غیرخطی و دورهای حدی
- مدل‌های فضایی تجارت بین منطقه‌ای، امواج پراکنده، امواج ایستاده
- مدل‌های دو منطقه‌ای: پایداری دورها، آنالیز اغتشاش
- نوسانگرهای اجباری، بازار جهانی، اقتصاد کوچک باز، پایداری و پدیده فاجعه، نوسانات، سیستم‌های اجباری و آشوب.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Benhabib, J. (1992). *Cycles and chaos in economic equilibrium*, Princeton University Press.

Mosekilde, E. (2003). *Topics in nonlinear dynamics: Applications to physics, biology and economic systems*, World Scientific.

Puu, T. (1991). *Nonlinear economic dynamics, Nonlinear Economic Dynamics*, Springer, Berlin, Heidelberg.

Puu, T. (2013). *Attractors, bifurcations, & chaos: Nonlinear phenomena in economics*, Springer Science & Business Media.

Ruth, M. & Hannon, B.M. (1997). *Modeling dynamic economic systems*, Springer Science & Business Media.

Zhang, W.B. (2005). *Differential Equations, Bifurcations and Chaos in Economics*, World Scientific Publishing Company.

منابع فرعی:

Onozaki, T. (2018). *The Nature and Significance of Nonlinear Economic Dynamics*, In Nonlinearity, Bounded Rationality, and Heterogeneity, Springer, Tokyo.

Rosser, J.B. (2013). *From catastrophe to chaos: a general theory of economic discontinuities*, Springer Science & Business Media.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **دینامیک‌های مختلط**			
عنوان درس (انگلیسی): **Complex Dynamics**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □		پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه تکرارهای نگاشت‌های تحلیلی روی متغیرهای مختلط و دینامیک مختلط معرفی‌شده توسط جولیا و مندلبرات

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی دینامیک‌های مختلط و توابع تحلیلی از قبیل دینامیک نگاشت‌های گویا و نگاشت‌های شبه‌همدیس.

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر دینامیک مختلط و مفاهیم اولیه
- هندسه همدیس، نگاشت‌های همدیس، نگاشت ریمان، قضیه مونتل، متریک هذلولوی، نگاشت‌های شبه‌همدیس، معادله بلترامی
- نقاط ثابت و تزویج‌ها، دسته‌بندی نقاط ثابت: نقاط ثابت جذب‌کننده، دفع‌کننده، ابر جذب‌کننده، خنثی
- همسان ریختی‌های دایره، تکرارهای گویای اساسی، دینامیک نگاشت‌های گویا، ویژگی ارگودیک بودن، مجموعه‌های فاتو و جولیا
- نقاط بحرانی و نگاشت‌های انبساطی، هذلولوی بودن، زیر هذلولوی بودن، مجموعه‌های جولیای موضعا همبند، کاربردهایی از نگاشت‌های شبه‌همدیس، حلقه‌های هرمان
- فشردگی دینامیک‌های هولومورفیک، همگرایی نگاشت‌های ریمان، نگاشت‌های چند جمله ای-مانند، هندسه موضعی مجموعه‌های فاتو، چندجمله‌ای‌های درجه‌دویی، حرکت هولومورفیک و مجموعه مندلبرات، پایداری نگاشت‌های گویا.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Carleson L. & Gamelin, T. (1993). *Complex Dynamics*, Springer.

McMullen, C.T. (1997). *Complex Dynamics and Renormalization*, Springer.

Milnor, J.W. (2006). *Dynamics in one complex variable*, 3th Edition, Princeton University Press.

منابع فرعی:

Tabar, R. (2019). *Analysis and data-based reconstruction of complex nonlinear dynamical systems*, Springer International Publishing.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **رباتیک توپولوژیکی**			
عنوان درس (انگلیسی): **Topological Robotics**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □		پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

معرفی مفاهیم مقدماتی و بنیادین رباتیک و استفاده از ابزارهای توپولوژی جبری به‌منظور کاربرد در طراحی حرکات رباتیک.

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

توانایی کار با مفاهیم مقدماتی و بنیادین مبحث رباتیک توپولوژیکی و ایجاد ارتباط بین توپولوژی جبری و رباتیک

سرفصل درس

- پیوندها و فضاهای چندضلعی: فضای پیکربندی یک پیوند، نگاشت فضای کاری بازوی رباتیک، نگاشت فاصله بازوی رباتیک، توپولوژی پیوندهای تصادفی
- مشخصه‌های اویلر فضاهای پیکربندی: فضاهای پیکربندی منیفلدها و گراف‌ها، جراحی برش و چسباندن
- نظریه گره بازوی رباتیک
- پیچیدگی ناوبری فضاهای پیکربندی.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Farber, M. (2008). *Invitation to Topological Robotics*, Zurich Lectures in Advanced Mathematics.

Farber, M. Ghrist, R. & Burger, M. & Koditschek, D. (2006). *Topology and Robotics*, Contemporary Mathematics, American Mathematical Society.

Farber, Michael. (2003*).* Topological complexity of motion planning, Discrete Comput. *Geom*, 29(2):211-221.

Ghrist, Robert. (2010). Configuration spaces, braids, and robotics, Lecture Note Series, *Inst. Math. Sci. NUS*, vol. 19, World Scientific, 263-304.

منابع فرعی:

Dranishnikov, A. (2015*). The topological complexity and the homotopy cofiber of the diagonal map for non-orientable surfaces*, Math. GT.

Short, R. (2017). *Relative topological complexity of a pair*, Topology and its Application.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **روش‌های توپولوژیکی در نظریه‌ی گروه‌ها**			
عنوان درس (انگلیسی): **Topological Methods in Group Theory**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

معرفی روش‌های توپولوژیکی در حل مسائلی در نظریه گروه‌ها

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

توانایی تعبیر توپولوژیکی مسائل مربوط به نظریه گروه‌ها و حل آن‌ها به کمک روش‌های توپولوژیکی

سرفصل درس

- هم‌بافت‌های CW، هموتوپی، نگاشت‌های بین همبافت‌های CW، همبافت‌های زنجیره‌ای
- مروری بر همولوژی تکین، همولوژی حجره‌ای، درجه‌ی نگاشت گروه‌ها، خواص هندسی همبافت‌های زنجیره‌ای حجره‌ای
- خواص همولوژی حجره‌ای، همولوژی تحویل یافته، گروه بنیادین، تبدیلات تیتزه، قضیه‌ی ون-کمپن، قضیه‌ی ترکیباتی فضاهای پوششی
- مروری بر تعریف توپولوژیکی گروه بنیادین، بررسی معادل بودن دو تعریف
- جایگزینی یک همبافت CW با نوع هموتوپی آن، cell trading، Domination
- نگاشت‌های چنبره‌ای، نگاشت‌های تلسکوپی
- مروری بر گروه‌های هموتوپی
- برهان هندسی برای قضیه‌ی هرویچ
- ساختار فضاهای آیلنبرگ مکلین با توجه به نمایش گروه‌ها
- کاربردهایی از فضاهای آیلنبرگ مکلین در حل مسائل در نظریه گروه‌ها.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Geoghegan, R. (2008). *Topological Methods in Group Theory*, Springer.

Scott, P. & Wall, T. (1979). Topological Methods in Group Theory, *LMS lecture note series*, No. 36, pp. 137-230.

Switzer, R. M. (2002). *Algebraic Topology—homotopy and Homology*, Springer.

منابع فرعی:

Geoghegan, R. (2017). Curvature and group theory, *Contributions Section of Natural Mathematical and Biotechnical Sciences* 38(2): 147, 1857-9027.

Mashayekhy, B. & Mirebrahimi, H. (2008). Some properties of the Schur multiplier with algebraic topological approach, *International Journal of Mathematics, Game Theory and Algebra*, 17, 3, 125-129, 2008.

Mashayekhy, B. & Mirebrahimi, H. (2011). On Schur multipliers of pairs and triples of groups with topological approach, *Iranian Journal of Mathematical Sciences and Informatics (IJMSI)* 2011, 6, 2, 51-65.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **صورت‌بندی ترمودینامیکی**

عنوان درس (انگلیسی): **Thermodynamic Formalism**

نوع درس: اختیاری ■ پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد □ ندارد پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱، نظریه ارگودیک

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

بررسی تئوری فرمالیسم ترمودینامیکی که برای توصیف خصوصیات سیستم‌های فیزیکی متشکل از تعداد زیادی زیر واحد ایجاد شده است

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی تئوری فرمالیسم ترمودینامیکی و کاربردهای آن

سرفصل درس

- مفاهیمی مرتبط از نظریه ارگودیک، مانند اندازه‌های ناوردا و ارگودیک
- آنتروپی توپولوژیک، آنتروپی اندازه‌ای، آنتروپی در نظریه اطلاعات، تعریف آنتروپی با پوشش‌های باز، تعریف آنتروپی با مجموعه‌های مولد و مجموعه‌های جداشده
- معرفی ترمودینامیک کلاسیک و مکانیک آماری
- فشار توپولوژیک با پوشش‌های باز، فشار توپولوژیک با مجموعه‌های مولد و مجموعه‌های جداشده، اطلاعات شانون
- مثال‌های اساسی: نگاشت‌های انبساطی، خودریختی‌های خطی پنبره‌ای، زیر شیفت‌های از نوع متناهی، دینامیک‌های شرط آ
- اندازه‌های گیبس، حالت‌های تعادلی، قضیه اصل تغییرات و اثبات آن.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی

Ruelle, D. (2004). *Thermodynamic formalism*, Cambridge Mathematical Library,2th Edition, Cambridge University Press.

Sarig, O. (2009). *Lecture notes on Thermodynamic formalism for topological Markov shifts*, Penn State.

Viana, M. & Oliveira, K. (2016). *Foundation of Ergodic Theory*, Cambridge University Press, Cambridge.

منابع فرعی:

Barreira, L. (2011). *Thermodynamic formalism and applications to dimension theory*, Springer Science & Business Media.

Stadlbauer, M. & Suzuki, S. & Varandas, P. (2021). Thermodynamic formalism for random non-uniformly expanding maps, *Communications in Mathematical Physics*, 385(1):369-427.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **علوم اعصاب توپولوژیکی**			
عنوان درس (انگلیسی): **Topological Neuroscience**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

معرفی مفاهیم مقدماتی و بنیادین علوم اعصاب توپولوژیکی و معرفی و بررسی کاربردهای توپولوژی در علوم اعصاب.

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

توانایی کار با مفاهیم مقدماتی و بنیادین مبحث علوم اعصاب توپولوژیکی و ایجاد ارتباط بین مباحث توپولوژی جبری و موضوعات علوم اعصاب

سرفصل درس

ارائه جنبه‌های مختلف کاربردهای توپولوژی جبری در علوم اعصاب شامل:

- کاربرد تحلیل داده توپولوژیکی در علوم اعصاب
- شبکه‌های عصبی توپولوژیکی
- کدهای عصبی
- محاسبات توپولوژی در علوم اعصاب
- مطالعه ساختاری و عملکردی مغز و طبقه‌بندی و دسته‌بندی ریخت‌شناسی اعصاب

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی

Carlsson, G. (2014). *Topological pattern recognition for point cloud data*, Acta Numerica, 289-368, 2014.

Curto, C. (2016). What Can Topology Tell Us About the Nueral Codes? Bull. *Amer. Math.* Soc. 54:1, 63-78.

Fisas, Frita Pere Nobbe (2020). *Homology and Persistent Homology*, Universitat de Bercelona.

Ghrist, R. (2008). Barcodes: the persistent topology of data, *Bulletin of the American Mathematical Society* 45.1, 61-75, 2008.

منابع فرعی:

Eckhoff, P. & Holmes, P. (2015). *A Short Course in Mathematical Neuroscience*, Program in Applied and Computational Mathematics, Princeton University.

Hess, K. (2018). *Topological Adventures in Neuroscience*, Topological Data Analysis, The Abel Symposium, 277-305.

Stolz, B. (2014). *Computational Topology in Neuroscience*, A dissertation submitted for the degree of Master of Science in Mathematical Modelling & Scientific Computing, Lincoln College University of Oxford.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **فضاهای پوششی و تعمیم‌های آن**

عنوان درس (انگلیسی): **Covering Spaces and Their Generalizations**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

معرفی و مطالعه مفاهیم و مباحث اصلی و پایه‌ای نظریه فضاهای پوششی در توپولوژی جبری شامل نظریه فضاهای پوششی کلاسیک و چند نظریه فضاهای پوششی تعمیم‌یافته معروف

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

شناخت مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در نظریه‌های فضاهای پوششی کلاسیک و تعمیم‌یافته در توپولوژی جبری با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با فضاهای توپولوژیکی به‌طور موضعی خوش‌رفتار مانند فضاهای همبند ساده نیم موضعی و فضاهای به‌طور موضعی بدرفتار مانند فضاهای طوقه کوچک و فضاهای هاسدورف

سرفصل درس

- بخش اول: مطالعه فضاهای پوششی کلاسیک شامل: خواص اساسی، تبدیلات پوششی، وجود فضاهای پوششی متناظر با زیرگروه‌های گروه بنیادین به‌ویژه فضاهای پوشش جهانی، فضاهای مداری، گروه‌های اسپنیر و ارتباط آن با وجود فضاهای پوششی.
- بخش دوم: مطالعه فضاهای پوششی فضاهای به‌طور موضعی بدرفتار شامل: معرفی فضاهای طوقه کوچک و فضاهای هاسدورف هموتوپیکی، بررسی وجود فضاهای پوششی برای فضاهای طوقه کوچک، معرفی زیرگروه‌های کوچک و کوچک تولیدشده و اسپنیر و ارتباط آن‌ها با فضاهای پوششی.
- بخش سوم: مطالعه فضاهای پوششی تعمیم‌یافته شامل: معرفی انواع فضاهای پوششی تعمیم‌یافته و ارتباط آن‌ها با حالت کلاسیک.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Biss, D. (2002). The Topological Fundamental Group and Generalized Covering Spaces, *Topology and its Applications*, 124 (2002) 355-371.

Fischer, H. & Zastrow, A. (2007). Generalized Universal Coverings and the Shape Group, *Fundamenta Mathematica*, 197 (2007) 167-196.

Mashayekhy, B. & Pakdaman, A. & Torabi, H. (2013). *Spanier spaces and covering theory of non-homotopically path Hausdorff spaces*, Georgian Math. J. 20, 303–317.

Pakdaman, A. & Torabi, H. & Mashayekhy, B. (2011). Small Loop Spaces and Covering Theory of non-Homotopically Hausdorff Spaces, *Topology and its Applications*, 158, 803-809.

Pakdaman, A. Torabi, H. & Mashayekhy, B. (2017). On the existence of categorical universal coverings, Ital. J. Pure Appl. *Math*. 37, 289-300.

Rotman, J.J. (2013). *An Introduction to Algebraic Topology*, GTM 119, Springer, Fourth corrected printing 1998, Pub.

Spanier, E.H. (1994). *Algebraic Topology*, 3rd Edition, Springer.

Torabi, H. & Pakdaman, A. & Mashayekhy, B. (2015). Topological fundamental groups and small generated coverings, *Math. Slovaca*, 65:5 (2015) 1153-1164.

Virk, Z. & Zastrow, A. (2013). A homotopically Hausdorff space which does not admit a generalized universal covering space, *Topology Appl*. 160 (2013) 656–666.

Virk, Z. (2010). Small Loop Spaces, *Topology and its applications*, 157 (2010) 451-455.

منابع فرعی:

Hatcher, A. (2005). *Algebraic Topology*, Cambridge University Press, 2005, Last updated June 2, 2021, https://pi.math.cornell.edu/~hatcher/AT/corrections5.html

Torabi, H. (2020). *On Topologized Fundamental Groups and Covering Groups of Topological Groups*, Iran J. Sci. Technol. Trans. Sci. 44, 1731-1737.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **گروه‌های بنیادین توپولوژیکی**

عنوان درس (انگلیسی): **Topological Fundamental Groups**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

معرفی و مطالعه مفاهیم و مباحث اصلی و پایه‌ای گروه‌های بنیادین توپولوژیکی و زیرگروه‌های آن

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

شناخت مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در توپولوژی جبری با هدف بررسی خواص گروه‌های بنیادین توپولوژیکی و زیرگروه‌های آن برای مطالعه فضاهای توپولوژیکی.

سرفصل درس

- بخش اول: مطالعه گروه‌های بنیادین توپولوژیکی شامل معرفی گروه‌های بنیادی توپولوژیکی با توپولوژی خارج‌قسمتی از فضای طوقه‌ای با توپولوژی فشرده-باز، بررسی خواص توپولوژیکی و جبری این ساختار به‌ویژه بررسی پیوستگی عمل ضرب رده‌های مسیری، بررسی برخی از خواص اساسی گروه‌های بنیادین توپولوژیکی.
- بخش دوم: مطالعه برخی از زیرگروه‌های گروه بنیادین توپولوژیکی متناظر با خواص توپولوژی فضای موردبحث و ارتباط آن‌ها با فضاهای پوششی تعمیم‌یافته.
- بخش سوم: مطالعه توپولوژی‌های دیگر روی گروه‌های بنیادین و ارتباط آن با موضوعات بخش‌های اول و دوم.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Abdullahi Rashid, M. & Mashayekhy, B. & Torabi, H. & Pashaei, S.Z. (2017). On topologized fundamental subgroups and generalized coverings, *Bull. Iran. Math*. Soc. 43, 2349–2370.

Biss, D. (2020). The Topological Fundamental Group and Generalized Covering Spaces, *Topology and its Applications*, 124, 355-371.

Calcut, J.S. & McCarthy, J.D. (2009). Discreteness and homogeneity of the topological fundamental group, *Topology Proc*. 34, 339–349.

Fabel, P. (2011). Multiplication is discontinuous in the Hawaiian earring group (with the quotient topology), *Bull. Pol. Acad. Sci. Math*. 59, 77–83.

Fabel, P. (2012). Compactly generated qusi-Topological Groups with Discontinuous Multiplication, *Topology Proceedings*, 40, 303–309.

Jamali, N. & Mashayekhy, B. & Torabi, H. Pashaei, S.Z. & Abdullahi Rashid, M. (2019). On topologized fundamental groups with small loop transfer viewpoints, *Acta Math. Vietnamica*, 44, 711–722.

Pashaei, S.Z. & Mashayekhy, B. & Torabi, H. & Abdullahi Rashid, M. (2019). On strong small loop transfer spaces relative to subgroups of fundamental groups, *Topology Appl*. 254, 117–131.

Pashaei, S.Z. & Mashayekhy, B. & Torabi, H. & Abdullahi Rashid, M. (2017). Small loop transfer spaces with respect to subgroups of fundamental groups, Topology Appl. 232, 242–255.

Torabi, H. & Pakdaman A. & Mashayekhy, B. (2015). Topological fundamental groups and small generated coverings, *Math. Slovaca*, 65,1153–1164.

Torabi, H. & Pakdaman, A. & Mashayekhy, B. (2014). On topological fundamental groups of quotient spaces, *Ukrainian Mathematical Journal*, Vol. 65, No. 12.

منابع فرعی:

Abdullahi Rashid, M. & Jamali, N. & Mashayekhy, B. & Pashaei, S.Z. & Torabi, H. (2020). On subgroup topologies on fundamental groups, *Hacet. J. Math. Stat*. 49 (3), 935 – 949.

Babaee, A. & Mashayekhy, B. & Mirebrahimi, H. & Torabi, H. & Abdullahi Rashid, M. & Pashaei, S.Z. (2020). On topological homotopy groups and relation to Hawaiian groups, *Hacet. J. Math. Stat*. 49 (4), 1437 – 1449.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **گروه‌های بنیادین و نمایش آن‌ها**

عنوان درس (انگلیسی): **Fundamental Groups and Their Presentations**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

معرفی نمایش گروه‌های بنیادین و تعبیر توپولوژیکی آن‌ها

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

توانایی ارائه نمایش برای گروه‌های بنیادین یک فضای توپولوژیکی با توجه به ساختار توپولوژیکی آن‌ها

سرفصل درس

- توپولوژی ترکیبیاتی گروه‌ها، از ۲-سادک‌ها تا گروه‌ها، نمایش گروه‌ها
- گروه بنیادین گراف‌ها، گروه بنیادین گراف گروه‌ها
- خارج‌قسمت‌ها و زیرگروه‌ها، خارج‌قسمت با عمل گراف، پیش‌برها
- ترکیب‌های هیگمن
- پایای توپولوژیکی
- پوشش‌ها، بالابرها، درجه، پوشش واسطه، پوشش جهانی، monodromy، عمل روی پوشش‌ها، پیش برِ پوشش‌ها، پس‌ران پوشش‌ها، کاربرد پوشش‌ها، ترکیبات هیگمن از پوشش‌ها، لاتیس پوشش‌ها
- نظریه گالوا، گروه‌های گالوا
- از پوشش‌ها تا زیرگروه‌ها
- گروه گالوا و گروه بنیادین، پوشش‌های گالوا، تناظر گالوا
- نمایش گروه‌ها
- مولدها و رابطه‌ها
- حاصل‌ضرب ملقمه‌ای
- تعبیر توپولوژیکی.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Everitt, B. (2009).*The Combinatorial Topology of Groups*, Springer Verlag, In Press.

Everitt, Brent. (2003). *The Geometry and Topology of Groups*, arXiv.

Everitt, Brent. (2006). *Galois Theory, Graphs, Free Groups*, arXiv.

Everitt, Brent. (2008). Graphs, Free Groups and Hanna Neumann conjecture, *Journal of Group Theory*, Vol. 11, pp. 885-899.

منابع فرعی:

Hatcher, A. (2005). *Algebraic Topology*, Cambridge University Press, Last updated June 2, 2021, https://pi.math.cornell.edu/~hatcher/AT/corrections5.html

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **گروه‌های هموتوپی و تعمیم‌های آن**

عنوان درس (انگلیسی): **Homotopy Groups and Their Generalizations**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

معرفی و مطالعه مفاهیم و مباحث اصلی و پایه‌ای گروه‌های هموتوپی و توپولوژی روی آن‌ها

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

شناخت مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در توپولوژی جبری با هدف بررسی خواص گروه‌های هموتوپی برای مطالعه فضاهای توپولوژیک

سرفصل درس

- بخش اول: مطالعه گروه‌های هموتوپی کلاسیک شامل فضای توابع، اشیای گروهی و اشیای هم‌گروهی، فضاهای طوقه‌ای و معلق، گروه‌های هموتوپی، دنباله‌های دقیق، تارسازی.
- بخش دوم: مطالعه گروه‌های بنیادین توپولوژیکی شامل معرفی گروه‌های بنیادی توپولوژیکی با توپولوژی خارج‌قسمتی از فضای طوقه‌ای با توپولوژی فشرده-باز، بررسی خواص توپولوژیکی و جبری این ساختار به‌ویژه بررسی پیوستگی عمل ضرب رده‌های مسیری.
- بخش سوم: مطالعه گروه‌های هموتوپی توپولوژیکی شامل معرفی گروه‌های هموتوپی با توپولوژیکی با توپولوژی خارج‌قسمتی از فضای n-طوقه‌ای با توپولوژی فشرده-باز، بررسی خواص توپولوژیکی و جبری این ساختار بررسی پیوستگی عمل ضرب رده‌های n-مسیرها، ارتباط با گروه‌های فضاهای گوشواره هاوایی n-بعدی.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Biss, D. (2002). The Topological Fundamental Group and Generalized Covering Spaces, *Topology and its Applications*, 124, 355-371.

Calcut, J.S. McCarthy, J.D. (2009). Discreteness and homogeneity of the topological fundamental group, *Topology Proc*. 34, 339–349.

Fabel, P. (2011). Multiplication is discontinuous in the Hawaiian earring group (with the quotient topology), *Bull. Pol. Acad. Sci. Math*. 59, 77–83.

Fabel, P. (2012). Compactly generated qusi-Topological Groups with Discontinuous Multiplication, *Topology Proceedings*, 40, 303–309.

Ghane, H. & Hamed, Z. & Mashayekhy, B. & Mirebrahimi, H. (2008). On topological homotopy, *Bulletin of Belgian Math. Soc. Simon* Stevin, 15:3, 455–464.

Ghane, H. & Hamed, Z. & Mashayekhy, B. & Mirebrahimi, H. (2010). On topological homotopy groups of n-Hawaiian like spaces, *Topology Proc*. 36, 255–266.

Hatcher, A. (2005). *Algebraic Topology*, Cambridge University Press.

Rotman, J.J. (2013). An Introduction to Algebraic Topology, GTM 119, Springer, Fourth corrected printing 1998, Pub. Date 2013.

Spanier, E.H. (1994). *Algebraic Topology*, 3rd Edition, Springer.

منابع فرعی:

Babaee, A. & Mashayekhy, B. & Mirebrahimi, H. & Torabi, H. & Abdullahi Rashid, M. & Pashaei, S.Z. (2020). On topological homotopy groups and relation to Hawaiian groups, *Hacet. J. Math. Stat.* 49 (4) (2), 1437 – 1449.

Nasri, T. & Mirebrahimi, H. & Torabi, H. (2021). Some results in quasitopological homotopy groups, *Ukranian Mathematical Journal*, 72, 1921-1927.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **مدل‌سازی ریاضی بیماری‌ها**

عنوان درس (انگلیسی): **Mathematical Modeling of Diseases**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

بررسی مقدمه‌ای دقیق و به‌روز در مدل‌سازی بیماری‌ها

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

- توانایی مدل‌سازی بیماری‌ها
- مطالعه مدل‌های مناسب از قبیل مدل‌های محفظه‌ای بیماری‌های عفونی، مدل‌های رشد تومور و سرطان

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر مدل‌سازی، تعریف مدل و انواع آن
- مدل‌های خطی، حل و بحث دستگاه‌های خطی
- مدل‌های غیرخطی، خطی سازی، نقاط تعادلی و انواع آن، پایداری نقاط تعادلی، دورهای حدی و رفتارهای تناوبی و پایداری آن‌ها
- بررسی مدل‌های ریاضی در ایمونولوژی، مدل ریاضی ساده بیماری‌های عفونی، مدل‌های محفظه‌ای
- مدل شکار و شکارچی، مدل‌های تومور
- مدل‌سازی ریاضی پاسخ‌های عفونت ایمنی ضدویروسی و ضد باکتری، الگوریتم‌های ارزیابی عددی برای مدل‌های ریاضی
- ویروس و باکتری‌های دستگاه تنفسی، مدل عفونت آنفلوانزا
- سرطان و سیستم ایمنی داتی
- معادلات الحاقی و مطالعه حساسیت برای مدل‌های ریاضی بیماری‌ها.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Greenberg, R. & Daniels, S. & Flanders, W. & Eley, J. & Boring, J. (2013). *Medical Epidemiology*, Mac Graw Hill.

Greenberg, R.S. (2015). *Medical Epidemiology: Population Health and Effective Health Care*, 5th Edition, McGraw-Hill Education.

Rogato, A.; Zazzu, V. & Mario, R. (2016). *Dynamics of Mathematical Models in Biology*, Springer.

منابع فرعی:

de Roos, André M. & Martin, Ben T. (2021). *Quantitative Biology*, Lecture Notes, Amesterdam University.

Ingalls, B. (2012). *Mathematical Modelling in Systems Biology: An Introduction*. MIT Press.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **مدل‌سازی ریاضی در علوم زیستی**			
عنوان درس (انگلیسی): **Mathematical Modeling in Biological Science**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

- کشف فرآیندهای زیست‌شناختی پایه که در یک پدیده خاص مشاهده می‌شود نظیر پویایی تعاملات جمعیت در اپیدمیولوژی، ارتباطات عصبی و پردازش اطلاعات، رشد تومورها و غیره
- پیش‌بینی رفتار پدیده‌های زیستی با کمک ابزارهای ریاضی و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی مبانی مدل‌سازی و مطالعه انواع مدل‌ها با تأکید بر مدل‌های زیستی

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر مدل‌سازی، تعریف مدل و انواع آن
- مدل‌های خطی، حل و بحث دستگاه‌های خطی
- مدل‌های غیرخطی، خطی سازی، نقاط تعادلی و انواع آن، پایداری نقاط تعادلی، دورهای حدی و رفتارهای تناوبی و پایداری آن‌ها
- تحلیل مدل، منحنی‌های انشعاب (انشعاباتی نظیر انشعاب گره زینی، انشعاب ترابحرانی، انشعاب هاپف)، رژیم‌های دینامیکی مختلف
- مدل‌های جمعیتی پیوسته برای گونه‌های تک، مدل‌های تأخیری، تجزیه‌وتحلیل خطی مدل‌های جمعیت با تأخیر، مدل‌های تأخیری در فیزیولوژی
- مدل‌های جمعیتی گسسته برای یک‌گونه تک، مدل‌های گسسته لجستیکی، بررسی رفتارهای آشوبناک در مدل لجستیک
- مدل‌هایی برای تعامل جمعیت، مدل شکار و شکارچی، مدل‌های رقابتی
- نوسانگرها و سوییچ‌های زیستی.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Hirsch, W. & Smale, S. & Devaney, R.L. (2004). *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*, 2nd Edition, Elsevier Academic Press.

Strogatz, S.H. (2018). *Nonlinear dynamics and chaos with student solutions manual: With applications to physics, biology, chemistry, and engineering*, CRC press.

منابع فرعی:

Kremling, A. (2013). *Systems biology: mathematical modeling and model analysis*, CRC Press.

de Roos, André M. & Martin, Ben T. (2021). *Quantitative Biology*, Lecture Notes, Amesterdam University.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **معادلات دیفرانسیل عادی ۲**			
عنوان درس (انگلیسی): **Ordinary Differential Equations II**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □		پیش‌نیاز: معادلات دیفرانسیل عادی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

مطالعه نظریه پیشرفته معادلات دیفرانسیل

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی مباحثی پیشرفته در نظریه معادلات دیفرانسیل عادی، حل و بحث دستگاه‌های خطی و غیرخطی رفتار منحنی‌های جواب و نظریه پایداری

سرفصل درس

- دستگاه معادلات دیفرانسیل خطی غیر همگن
- معادلات خطی با ضرایب تحلیلی
- رفتار مجانبی بعضی جواب‌های دستگاه‌های خطی
- دستگاه‌های خطی با نقاط تکین از نوع اول، جواب‌های صوری، نقاط تکین در بی‌نهایت، روش فروبنیوس
- سیستم‌های خطی با نقاط تکین از نوع دوم، سری‌های مجانبی، جواب‌های صوری در حالت مختلط، انتگرال لاپلاس و سری مجانبی
- مسئله خود الحاق روی بازه متناهی
- قضیه بسط کامل
- قضیه نوسان و مقایسه‌ای اشتروم لیوویل
- شرایط مرزی متناوب
- مسئله مقدار اولیه خود الحاق تکین برای معادلات مرتبه دوم
- حالات نقاط حدی و دورهای حدی، قضیه کامل و بسط در حالت نقطه حدی در بی‌نهایت
- رفتار منظم در دونقطه یک بازه

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Coddington, E.A. & Levinson, N. (1955). *Theory of Ordinary Differential Equations*, Mc-Graw Hill.

Hirsch, W. & Smale, S. & Devaney, R.L. (2012). *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*, 3nd Edition, Elsevier Academic Press.

Perko, L. (2006). *Differential Equations and Dynamical Systems*, Springer-Verlag, New York.

منابع فرعی:

Butcher, J.C. (2016). *Numerical methods for ordinary differential equations*, John Wiley & Sons.

Gladwell, G.M. (2005). *Inverse problems in vibration*, Springer.

Hale, J.K. (1997). *Ordinary Differential Equations*, Dover Publications INC.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **نظریه ارگودیک**

عنوان درس (انگلیسی): **Ergodic Theory**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: آنالیز حقیقی ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد□ ندارد■

هدف درس

بررسی مفاهیم نظریه ارگودیک نظیر اندازه‌های ناوردا، اندازه‌های ارگودیک و قضایای مرتبط

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی مفاهیم نظریه ارگودیک نظیر اندازه‌های ناوردا، اندازه‌های ارگودیک و قضایای مرتبط نظیر قضیه ارگودیک بیرخوف

سرفصل درس

- اندازه‌های ناوردا، قضیه بازگشتی پوانکاره، قضیه کچ
- مثال‌ها: نگاشت گوس، دوران‌های دایره، دوران‌های چنبره‌ای، نگاشت نگهدار
- نگاشت اولین بازگشت، تبدیل‌های القایی، برج‌های کاکوتانی-راخلین
- قضایای بازگشتی چندگانه و بیرخوف، وجود اندازه‌های ناوردا، توپولوژی *-ضعیف
- پادضرب‌ها و توسیع‌های طبیعی
- قضایای ارگودیک: قضیه ارگودیک فون نویمن، قضیه ارگودیک بیرخوف، قضیه ارگودیک زیر جمعی کینگمن
- اندازه‌های ارگودیک و نگاشت‌های ارگودیک، استدلال هاپف، ارگودیک بودن یکتا
- آمیختگی، آمیختگی ضعیف، مثال فورستنبرگ، فلوهای دورانی و ژیودزیک، قضیه تجزیه ارگودیک
- آنتروپی متریک و آنتروپی توپولوژیکی: افرازهای مولد، قضیه سینای-گولموگروف.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Coudène, Y. (2013). *Ergodic theory and dynamical Systems*, Spronger.

Oliveira, K. & Viana, M. (2015). *Foundation of Ergodic Theory*, Cambridge.

Walters, P. (1982). *An introduction to ergodic theory*, Springer.

منابع فرعی:

Mane, R. (1987). *Ergodic Theory and differentiable dynamics*, Springer.

Sinai, I.G. (2017). *Topics in Ergodic Theory* (PMS-44), Volume 44. Princeton University Press.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **نظریه ارگودیک هموار**

عنوان درس (انگلیسی): **Smooth Ergodic Theory**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱، نظریه ارگودیک

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

بررسی مفاهیم پیشرفته از نظریه ارگودیک مطرح در سیستم‌های هموار

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی نظریه ارگودیک سیستم‌های هموار، مثال‌های معروف و قضایای مرتبط و کاربردهای آن در دستگاه‌های دینامیکی

سرفصل درس

- دستگاه‌های دینامیکی هذلولوی، نگاشت آنوسوف، نگاشت کاتوک روی چنبره
- نظریه عمومی نماهای لیاپانف، دیفیومورفیسم‌های با نمای لیاپانف ناصفر، نظریه پایداری لیاپانف، قضیه‌های پایداری مطلق و پایداری شرطی لیاپانف
- هذلولوی بودن غیریکنواخت، هذلولوی بودن جزئی غیریکنواخت
- هم دورهای اندازه‌پذیر روی دستگاه‌های دینامیکی، قضیه ارگودیک ضرب کننده اسلیدک، فرم‌های نرمال هم دورهای اندازه‌پذیر
- پیوستگی مطلق منیفلدهای موضعی، پیوستگی مطلق نگاشت هولونومی
- خواص ارگودیک اندازه‌های هموار هذلولوی، ارگودیک بودن موضعی
- فرمول انتروپی، خواص ارگودیک فلوهای ژیودزیک روی سطوحی با انحنای نامثبت، دیفیومورفیسم‌هایی با تعداد شمارا مؤلفه ارگودیک.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Liu, P.D. & Qian, M. (2006).*Smooth ergodic theory of random dynamical systems*, Springer.

Qia, M.; Xie, J.S. & Zhu, S. (2009).*Smooth ergodic theory for endomorphisms*, Springer.

منابع فرعی:

Barreira, L. & Pesin,Y.B. (2002).*Lyapunov Exponents and Smooth Ergodic Theory*, American Mathematical Society.

Barreira, L. & Pesin,Y.B. (2014). *Introduction to smooth Ergodicity, Graduate Studies in Mathematics,* American Mathematical Society.

Sinai, I.G. Topics in Ergodic Theory (PMS-44), Volume 44. Princeton University Press.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **نظریه انشعاب**			
عنوان درس (انگلیسی): **Bifurcation Theory**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه انشعاب، انواع آن و انشعابات مهم

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی نظریه انشعاب و کاربردهای آن در دستگاه‌های دینامیکی و در سایر علوم

سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر نظریه انشعاب، تعریف انشعاب و مثال‌های ساده از آن، انشعاب‌های موضعی
- منیفلد مرکزی، قضیه منیفلد مرکزی، فرم‌های نرمال
- انشعابات هم بعد یک، انشعاب گره-زینی، انشعاب چنگال، انشعاب مضاعف سازی دوره تناوب، انشعاب هاپف
- انشعابات در دستگاه‌های هامیلتونی و گرادیانی
- انشعابات سراسری، انشعاب هموکلینیک و انشعاب هتروکلینیک و دورهای آن، انشعاب هموکلینیک در خانواده هنون
- انشعاب در معادلات لورنز، معادله واندرپل و انشعابات آن، معادله پاندول و انشعابات آن، نوسانگر همساز، معادله دافینگ
- انشعابات هموکلینیک در بعد سه، دستگاه شیلنیکوف، روش ملنیکوف در انشعابات هموکلینیک.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Guckenheimer, J. & Holmes, P. (2002). *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector fields*, Springer.

Wiggins, S. (1988). *Global Bifurcations and Chaos*, Springer.

Ruelle, D. (2014). *Elements of differentiable dynamics and bifurcation theory*, Elsevier.

منابع فرعی:

Hale, J. & Kocak, H. (1991). *Dynamics and Bifurcations*, Springer.

Palis, J. & Takens, F. (1993). *Hyperbolicity and sensitive chaotic dynamics at homoclinic bifurcations, Fractal dimensions and infinitely many attractors*, Cambridge Studies in Advanced Mathematics, 35, Cambridge University Press, Cambridge.

Luo, A.C. (2019). *Bifurcation and stability in nonlinear dynamical systems*, Springer International Publishing.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **نظریه آشوب**			
عنوان درس (انگلیسی): **Chaos Theory**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه دینامیک سیستم‌های آشوبناک

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی نظریه آشوب و کاربردهای آن در دستگاه‌های دینامیکی

سرفصل درس

- دینامیک‌های آشوبناک در بعد یک، نقاط تناوبی و انواع آن، قضیه شارکوفسکی، پهنه جذب، انشعابات در بعد یک، انشعاب گره-زینی، انشعاب مضاعف سازی دوره تناوب
- دینامیک نمادین، مجموعه کانتور، آشوب از دیدگاه دیوینی، وابستگی حساس به شرط اولیه، نگاشت شیفت، بررسی دینامیک آشوبناک نگاشت شیفت، زیر شیفت‌های از نوع متناهی
- نماهای لیاپانف، به دست آوردن نمای لیاپانف در بعضی از مثال‌های معروف
- آشوب لی-یورک، ترایای توپولوژیکی، آشوب دیونی
- بررسی دینامیک آشوبناک نگاشت لجستیک و نگاشت خیمه
- ابعاد کسری، بعد هاسدورف، بعد جعبه‌ای
- آنتروپی، فراکتال‌ها، دستگاه‌های تابع تکرار و جاذب‌های فرکتالی
- آشوب در بعدهای بالاتر به همراه مثال
- جاذب‌های عجیب و انواع آن‌ها، جاذب لورنز و نگاشت پوانکاره، جاذب هنون، سلونویید
- نقاط هموکلینیک، نگاشت نعل اسب اسمیل، میدان‌های مخروطی، نقاط هموکلینیک اریب، تماس‌های هموکلینیکی، خانواده هنون و انشعاب هموکلینیکی، آبشاری از تماس‌های هموکلینیکی و پدیده نیوهاوس

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Alligood, K.T. & Sauer, T.D. & Yorke, J.A. (1997). *Chaos: An introduction to dynamical systems*, Textbooks in Mathematical Sciences, Springer-Verlag, New York.

Goodson, G.R. (2014). *Chaotic Dynamics: Fractals, Tilings and Substitutions*, Towson university.

Palis, J. & Takens, F. (1993). *Hyperbolicity and sensitive chaotic dynamics at homoclinic bifurcations. Fractal dimensions and infinitely many attractors*, Cambridge Studies in Advanced Mathematics, 35, Cambridge University Press, Cambridge.

منابع فرعی:

Devaney, R. (2018). *An introduction to chaotic dynamical systems*, CRC Press.

Robinson, C. (1999). *Dynamical systems, stability, symbolic dynamics, and chaos*, 2nd Edition, Studies in Advanced Mathematics, CRC Press.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **نظریه هندسی برگ‌بندی**			
عنوان درس (انگلیسی): **Geometric Theory of Foliation**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □		پیش‌نیاز: دستگاه‌های دینامیکی ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه برگ‌بندی، قضایای مرتبط و کاربردهای آن در دستگاه‌های دینامیکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی مفهوم برگ‌بندی و کاربردهای آن در دستگاه‌های دینامیکی

سرفصل درس

- منیفلدهای مشتق‌پذیر و قضایای مرتبط
- توپولوژی فضای برگ‌بندی، برگ‌بندی و فضای خارج‌قسمتی برگ‌بندی، قضایای مربوطه
- هولونومی و گزاره‌های پایداری
- راستاهای فیبری و برگ‌بندی
- برگ‌بندی‌های تحلیلی از هم بعد ۱، قضیه ناویکوف
- جنبه‌های توپولوژیکی نظریه گروه‌ها
- کاربرد برگ‌بندی در دستگاه‌های دینامیکی
- برگ‌بندی سیستم‌های هذلولوی و هذلولوی جزئی.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Alaoui, A.E. & Richardson, K. Asaoka, M. & Hurder, S. (2014). Foliations: Dynamics, Geometry and Topology, Birkhauser.

Candel, A. & Conlon, L. (2000*). Foliation I II III*, AMS.

LinsNeto, A. & Camacho, C. (1985). *Geomettric Theory of Foliation*, Birkhauser.

منابع فرعی:

Rovenskii, V.Y. & Walczak, P.G. (2021). *Extrinsic Geometry of Foliations*, Birkhäuser.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **نظریه‌های همولوژی و کوهمولوژی در توپولوژی جبری**	
عنوان درس (انگلیسی): **Homology and Cohomology Theories in Algebraic Topology**	
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

معرفی و مطالعه مفاهیم و مباحث اصلی و پایه‌ای نظریه‌های همولوژی و کوهمولوژی در توپولوژی جبری شامل نظریه همولوژی تکین و همولوژی سادکی

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

شناخت مفاهیم، ابزارها و روش‌هایی در نظریه‌های همولوژی و کوهمولوژی در توپولوژی جبری با هدف پاسخ دادن به تعدادی از سؤالات و قضایای مهم در ارتباط با فضاهای توپولوژیکی شامل مطالعه کره‌ها، قضیه نقطه ثابت لیفشیتز، قضیه آیلنبرگ-زلبر و فرمول کانث

سرفصل درس

- همولوژی تکین
- همولوژی سادکی
- همبافت CW و همولوژی سلولار
- اصول آیلنبرگ-استینرود
- قضیه نقطه ثابت لیفشیتز
- ضرب تانسوری و ضرایب جهانی
- همولوژی فضاهای حاصل‌ضربی، قضیه آیلنبرگ-زلبر و فرمول کانث
- فرم‌های دیفرانسیل
- گروه‌های کوهمولوژی
- قضیه ضرایب جهانی در کوهمولوژی
- حلقه‌های کوهمولوژی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

- محاسبات و کاربردها.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Munkres, J.R. (2018). *Elements of Algebraic Topology*, CRC Press.

Rotman, J.J. (2013). *An Introduction to Algebraic Topology*, GTM 119, Springer.

منابع فرعی:

Hatcher, A. (2021). *Algebraic Topology*, Cambridge University Press. Last updated June 2, 2021, https://pi.math.cornell.edu/~hatcher/AT/corrections5.html

Massey, W.S. (1991). *A Basic Course in Algebraic Topology*, Springer Science & Business Media.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **همولوژی ماندگار و کاربردهای آن**			
عنوان درس (انگلیسی): **Persistent Homology and Applications**			
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■	ندارد □	پیش‌نیاز: توپولوژی جبری ۱
تعداد واحد: ۴	نوع واحد: نظری	تعداد ساعت: ۶۴	حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

معرفی مفاهیم مقدماتی و بنیادین همولوژی ماندگار و معرفی و بررسی کاربردهای آن در موضوعات دیگر مانند تحلیل داده‌ها.

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

توانایی کار با مفاهیم مقدماتی و بنیادین مبحث همولوژی ماندگار و ایجاد ارتباط بین همولوژی ماندگار و موضوعات دیگر مانند تحلیل داده‌ها

سرفصل درس

- مجتمع‌های سادکی و همولوژی آن‌ها
- مجتمع‌های ویتوریس-ریپس و همولوژی ماندگار آن‌ها همراه با چند مثال
- نمایش‌های همولوژی ماندگار
- نمودار ماندگاری و بارکدها
- چند کاربرد همولوژی ماندگار مانند کاربرد در تحلیل داده توپولوژیکی.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

به‌منظور آشنایی بیشتر با مباحث کاربردی در این مبحث در صورت امکان از همکاری‌های بین گروهی جهت تدریس استفاده شود.

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Carlsson, G. (2020). *Persistent Homology and Applied Homotopy Theory*, arXiv:2004.00738.

Frita Pere Nobbe Fisas. (2020). *Homology and Persistent Homology*, Universitat de Bercelona.

Needham, T. (2020). *Introduction to Applied Algebraic Topology*, Lecture Notes for the course MATH 4570 at the Ohio State University.

منابع فرعی:

Carlsson, G. (2014). *Topological pattern recognition for point cloud data*, Acta Numerica, 289-368.

Ghrist, R. (2008). Barcodes: the persistent topology of data, *Bulletin of the American Mathematical Society* 45.1, 61-75.

Mandal, S. (2020). *Applications of Persistent Homology and Cycles*, Dissertation, The Ohio State University.

مشخصات درس

عنوان درس (فارسی): **هندسه منیفلد ۲**

عنوان درس (انگلیسی): **Manifold Geometry II**

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز/ هم نیاز: دارد ■ ندارد □ پیش‌نیاز: هندسه منیفلد ۱

تعداد واحد: ۴ نوع واحد: نظری تعداد ساعت: ۶۴ حل تمرین: دارد □ ندارد ■

هدف درس

مطالعه مفاهیم پیشرفته‌تری از منیفلدهای دیفرانسیل پذیر فرم‌های دیفرانسیلی و میدان‌های تانسوری

توانایی‌ها و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد

معرفی فرم‌های دیفرانسیلی و میدان‌های تانسوری، ابر رویه‌ها هندسه ریمانی

سرفصل درس

- مروری بر مفاهیم و قضایای اساسی منیفلدهای دیفرانسیل پذیر
- فرم‌های دیفرانسیل، میدان‌های تانسوری و مشتق‌های تانسوری
- منیفلد نیم ریمانی و التصاق و مشتق کواریانت، التصاق لوی چیویتا و انتقالات موازی
- زئودزیک و نگاشت نمایی
- میدان‌های کنجی و انحنای ریجی
- زیرمنیفلد نیم ریمانی، ابر رویه‌های نیم ریمانی
- هندسه ریمان و هندسه لورنتس
- تقارن و انحناهای ثابت، ایزومتری‌ها
- تقارن و انحناهای ثابت، ایزومتری‌ها
- نسبیت عام و نسبیت خاص.

روش یاددهی یادگیری

روش توضیحی برای ارائه مطالب پایه‌ای و کلیدی، حل مثال‌ها و مسائل مربوط به درس، مشارکت دانشجویان در مباحث درسی از طریق حل مسئله و انجام آزمون‌های کوتاه توسط استاد و انجام و ارائه تکالیف توسط دانشجویان

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
حداکثر ۲۰٪	حداکثر ۴۰٪	نوشتاری: حداکثر ۵۰٪	حداکثر ۳۰٪
		عملکردی: -	

منابع

منابع اصلی:

Boothby, W.M. (1986). *An introduction to differentiable manifolds and Riemannian geometry*, Academic press.

Lang, S. (2012). *Differential and Riemannian manifolds*, Springer Science & Business Media.

Lee, J.M. (2013). *Smooth manifolds. Introduction to Smooth Manifolds*, Springer, New York.

منابع فرعی:

Lafontaine, J. (2016). *An introduction to differential manifolds*, Springer.

O'neill, Barrett. (1987). *Semi-Riemannian Geometry: with applications to relativity*, Academic Press.

فصل چهارم

ترم بندی دروس

زمان‌بندی دوره کارشناسی ارشد:

توصیه می‌شود دانشجویان در نیمسال اول دو درس از جدول دروس تخصصی-الزامی کارشناسی ارشد با مشورت مدیر گروه یا استاد راهنما انتخاب نمایند.

در نیمسال دوم یک درس باقیمانده از جدول دروس تخصصی-الزامی و یک درس از جدول دروس تخصصی-اختیاری کارشناسی ارشد یا از جدول دروس تخصصی-اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی با مشورت استاد راهنما انتخاب نمایند (توجه شود که استاد راهنمای هر دانشجوی کارشناسی ارشد حداکثر تا پایان نیمسال اول تعیین خواهد شد).

بهتر است از فرصت تابستان برای تعیین موضوع درس سمینار و موضوعات مناسب برای تهیه پیشنهاده پایان‌نامه کارشناسی ارشد استفاده شود.

در نیمسال سوم دو درس باقیمانده را با مشورت استاد راهنما از جدول دروس تخصصی-اختیاری کارشناسی ارشد یا از جدول دروس اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی و درس سمینار را انتخاب نمایند و در فاصله دی‌ماه تا اسفندماه پیشنهاده کارشناسی ارشد خود را به تصویب برسانند.

دانشجویان با انتخاب پایان‌نامه کارشناسی ارشد در نیمسال چهارم و در صورت لزوم انتخاب درسی که در نیمسال‌های قبلی موفق به گذراندن آن نشده‌اند و دفاع از پایان‌نامه تا حداکثر پایان شهریورماه موفق خواهند شد دوره کارشناسی ارشد خود را در دو سال تحصیلی به پایان برسانند.

ترم بندی کارشناسی ارشد

ترم اول

ردیف	نام درس	تعداد واحد		
		نظری	عملی	جمع
۱	یک درس تخصصی الزامی از جدول ۲	۴	۰	۴
۲	یک درس تخصصی الزامی از جدول ۲	۴	۰	۴
جمع کل		**۸**	**-**	**۸**

ترم دوم

ردیف	نام درس	تعداد واحد		
		نظری	عملی	جمع
۱	یک درس تخصصی الزامی از جدول ۲	۴	۰	۴
۲	یک درس اختیاری از جداول ۳ یا ۵	۴	۰	۴
جمع کل		**۸**	**-**	**۸**

ترم سوم

ردیف	نام درس	تعداد واحد		
		نظری	عملی	جمع
۱	یک درس اختیاری از جداول ۳ یا ۵	۴	۰	۴
۲	یک درس اختیاری از جداول ۳ یا ۵	۴	۰	۴
۳	سمینار	۲	۰	۲
جمع کل		**۱۰**	**-**	**۱۰**

ترم چهارم

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	پایان‌نامه	۶
جمع کل		**۶**

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

زمان‌بندی دوره دکتری:

توصیه می‌شود دانشجویان در نیمسال اول دو درس از جدول دروس تخصصی-اختیاری تحصیلات تکمیلی با مشورت استاد راهنما انتخاب نمایند (توجه شود که استاد راهنمای هر دانشجوی دکتری پس از قبولی و ثبت‌نام در این دوره تعیین خواهد شد).

در نیمسال دوم دو درس باقیمانده را با مشورت استاد راهنما از جدول دروس تخصصی-اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی انتخاب نمایند.

با انتخاب آمادگی در آزمون جامع در نیمسال سوم و تعیین دروس آزمون و هیات داوران در ابتدای نیمسال سوم توسط استاد راهنما دانشجویان برای گذراندن آزمون جامع دکتری آماده می‌شوند. لازم به ذکر است شرط لازم برای شرکت در آزمون جامع گذراندن ۱۶ واحد از جدول دروس تخصصی-اختیاری مشترک تحصیلات تکمیلی با میانگین نمرات حداقل ۱۶ است. در ضمن آزمون جامع دکتری در نیمسال اول مطابق تقویم آموزشی آن سال معمولاً از نیمه آبان تا نیمه آذرماه برگزار می‌شود.

پس از گذراندن موفق آزمون جامع دانشجویان پیشنهاده دکتری را در نیمسال چهارم انتخاب می‌نمایند و تا پایان نیمسال چهارم با هماهنگی با استاد راهنما از پیشنهاده خود در حضور هیات داوران دفاع می‌نمایند.

پس از دفاع موفق از پیشنهاده دکتری و تصویب نهایی آن دانشجویان در هر نیمسال رساله دکتری را انتخاب می‌نمایند. انتظار می‌رود دانشجویان پس از چهار نیمسال تحصیلی شرایط لازم برای دفاع از رساله دکتری خود را کسب نمایند و با هماهنگی با استاد راهنما تقاضای دفاع از رساله دکتری خود را به گروه ارسال نمایند. با دفاع موفق از رساله دکتری این دوره به پایان خواهد رسید.

ترم بندی دکتری

ترم اول

ردیف	نام درس	تعداد واحد		
		نظری	عملی	جمع
۱	یک درس اختیاری از جدول ۵	۴	۰	۴
۲	یک درس اختیاری از جدول ۵	۴	۰	۴
جمع کل		**۸**	**-**	**۸**

ترم دوم

ردیف	نام درس	تعداد واحد		
		نظری	عملی	جمع
۱	یک درس اختیاری از جدول ۵	۴	۰	۴
۲	یک درس اختیاری از جدول ۵	۴	۰	۴
جمع کل		**۸**	**-**	**۸**

ترم سوم

ردیف	نام درس	تعداد واحد		
		نظری	عملی	جمع
۱	آزمون جامع			

ترم چهارم

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	پیشنهاده	-
جمع کل		**-**

ترم پنجم

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	رساله	۲۰
جمع کل		**۲۰**