وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی مکانیک

گرایش: طراحی کاربردی

بازنگری شده مورخ ۱۳۹۵/۸/۱۲ دانشگاه شیراز

بسم الله الرّحمن الرّحیم

عنوان برنامه: دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی بازنگری شده توسط دانشگاه شیراز

۱ـ به استنادآیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی ، برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی براساس نامه شماره ۹۵/۱۰/۱۱۷۱۶ مورخ ۱۳۹۵/۸/۱۸ دانشگاه شیراز دریافت شد.

۲ـ برنامه درسی مذکور در سه فصل: مشخصات کلی، جدول واحد های درسی و سرفصل دروس تنظیم شده وبرای تمامی دانشگاه ها ومؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند، برای اجرا ابلاغ می شود.

۳ـ این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۳۹۷ـ۱۳۹۶ به مدت ۵ سال قابل اجراست و پس از آن نیازمند بازنگری می باشد.

عبدالرحیم نوه‌ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

برگه شماره (۱)

برگه اطلاعات مربوط به رعایت ضوابط مندرج در

دستورالعمل وزارتی واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاهها

بخش: مکانیک جامدات **دانشکده:** مهندسی مکانیک

عنوان رشته: مهندسی مکانیک، گرایش طراحی کاربردی **دوره:** کارشناسی ارشد

عنوان رشته به انگلیسی :Mechanical Engineering, Applied Design

برنامه درسی پیشنهادی: **جدید** ☐ **تجدیدنظر شده** ■

در صورتیکه برنامه درسی پیشنهادی جدید است آیا برنامه مصوب دارد؟

به منظور سهولت اظهارنظر و تصمیم گیری اعضاء شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه در مورد برنامه های درسی پیشنهادی، تکمیل اطلاعات خواسته شده در این برگه توسط بخش ها ضروری است.

الف- اطلاعات کلی (این اطلاعات هم برای تجدیدنظر در برنامه درسی و هم برای پیشنهاد رشته جدید ضروری است)

۱- برنامه درسی پیشنهادی تا چه حد با اهداف و راهبردهای کلان کشور هماهنگی دارد؟

این برنامه با توجه به پیشرفتهای صورت پذیرفته در حوزه فناوریهای نوین و علوم بین رشته ای و حوزه های تخصصی مورد نیاز جامعه بازبینی شده است.

۲- برنامه درسی پیشنهادی تا چه حد پاسخگوی نیازهای جامعه است؟

رشته مهندسی مکانیک به عنوان یک رشته مادر از دیرباز موردتوجه و نیاز صنایع مختلف بوده است. به موازات رشد دانش و فناوری و گسترش زمینه های بین رشته ای در مهندسی مکانیک ، بازنگری در برنامه های درسی مربوطه اولویت بالایی یافته است به قسمی که بتوان متخصصین کارآمدتری در راستای پاسخ به نیازهای جامعه تربیت کرد. در برنامه تجدید نظر شده ارائه دروس کاربردی و به ویژه دروس بین رشته ای مورد توجه خاص قرار گرفته است.

۳- نقش و توانایی پایانی دانش آموختگان چیست؟ (توانمندی های دانشی، بینشی و مهارتهای توانشی)

در بعد توانمندی های دانشی ، دانش آموختگان دوره طراحی کاربردی با اصول اولیه و قوانین حاکم بر پدیده هایی که در این حوزه مهندسی طبقه بندی شده آشنا می شوند و امکان مطالعه و بهره برداری از دستاوردهای علمی جدید برای آنها مهیا می شود.

با توجه به زمینه های تخصصی سه گانه و تنوع دروس ارائه شده در برنامه تجدید نظر شده ، موجبات افزایش توانمندی های بینشی دانش آموختگان در ارتباط با این دوره فراهم شده است . چشم انداز ارائه شده در این برنامه در ارتباط با حوزه های جدید در دانش مهندسی مکانیک می تواند منجر به نگرش مثبت و کارآمدتری در دانش آموختگان شده و نهایتا با توجه به علائق و توانمندیهای خود نقش مفیدتری در جامعه به عهده گیرند.

از آنجا که دروس تخصصی ارائه شده به عنوان موضوع و ابزار پژوهش های علمی روز دنیا می باشند، دانش آموختگان خواهند توانست از این ابزار در زمینه های مختلف پژوهشی و صنعتی استفاده نمایند. دانش و مهارتهای توانشی کسب شده در حوزه طراحی کاربردی می تواند توسط دانش آموختگان در جهت مدلسازی، شبیه سازی، تحلیل، طراحی و کنترل سیستمهای مختلف مکانیکی، صنعتی، هوافضایی، زیستی و... مورد بهره برداری قرار گیرد.

۴- مشاغل قابل احراز توسط دانش آموختگان؟

از جمله می توان به مواردی از قبیل طراحی مهندسی و مشاوره در حوزه کلیه صنایع به ویژه صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، غذایی، اتوماسیون صنعتی، تاسیسات مکانیکی، خودرو، سازه های دریایی، سازه های هوافضا، نانوفناوری ، بیومکانیک و مهندسی پزشکی اشاره کرد.

۵- دلایل ضرورت پیشنهاد برنامه درسی جدید یا تجدیدنظر در برنامه درسی قبلی رشته:

پیشرفت دانش و فناوری و نیازهای تخصصی مرتبط با رشته و لزوم به روزرسانی منابع و محتوای درسی با توجه به این پیشرفتها، و همچنین ظرفیت علمی گروه آموزشی مکانیک جامدات در حوزه های متنوع و جدید، به ویژه در سالهای اخیر، لزوم تدوین مجدد و تجدید نظر در برنامه درسی فعلی از سوی شورای برنامه ریزی درسی بخش را ایجاب کرد.

۶- منابعی که در تدوین برنامه درسی جدید/ تجدیدنظر شده از آنها استفاده شده است:
برنامه درسی فعلی بخش مکانیک جامدات دانشگاه شیراز، تجربه و تخصص اساتید بخش ، برنامه های درسی موجود برخی از دانشگاههای معتبر کشور نظیر دانشگاه صنعتی شریف

۷- آیا در برنامه درسی پیشنهادی نیاز به امکانات خاصی دارد؟ توضیح دهید.
برخی از دروس ارائه شده نظیر درس آنالیز مودال تجربی، رباتیک، مکاترونیک ، مکانیک برخورد ، مکانیک محیطهای دانه ای ، مدلسازی و شبیه سازی سیستمهای بیولوژیکی ، ابزار دقیق در سیستمهای زیستی و... نیاز به افزودن برخی تجهیزات به آزمایشگاههای موجود در دانشکده دارند. اقدامات ضروری در راستای گسترش امکانات آزمایشگاهی بخش در حال انجام است.

ب- در صورتیکه برنامه درسی پیشنهادی به صورت تجدیدنظر در برنامه قبلی است:

۱- تفاوتهای برنامه درسی پیشنهادی با برنامه درسی قبلی:
توجه ویژه به تخصصی تر شدن جدولهای درسی با توجه به سه شاخه تخصصی عمده در بخش (مکانیک جامدات ، دینامیک-ارتعاشات-کنترل و بیومکانیک)، افزودن دروس متنوع به لیست دروس تخصصی، تجدید نظر و به روزسازی سرفصل کلیه دروس و تهیه سرفصل فارسی و انگلیسی برای کلیه دروس با توجه به منابع جدید.

۲- مزیت های برنامه درسی پیشنهادی نسبت به برنامه درسی قبلی:
افزایش تنوع و گستردگی موضوعات تخصصی، به روزرسانی محتوا و منابع درسی، هدفمندتر شدن دروس الزامی در راستای تخصص مورد نیاز. همچنین برنامه درسی به نحوی تنظیم شده که بتواند مورد استفاده دانشجویان مقطع دکترای طراحی کاربردی هم در زمینه تخصصی مکانیک جامدات و هم در زمینه تخصصی دینامیک ، ارتعاشات و کنترل باشد.

۳- نام دروس حذف شده و ذکر دلایل حذف:
هیچ یک از دروس حذف نشده اند

۴- نام دروس جدید و ذکر دلایل اضافه شدن:

دروس ردیف ۲ جدول شماره ۳ و همچنین کلیه دروس جدول شماره ۶ از بابت آنکه تا کنون در این بخش ارائه نشده اند جدید هستند. سایر دروس جدید نیز در جدول های دروس انتخابی گنجانده شده و نوعا از دروس مصوب بوده که سرفصل آنها مورد بازبینی و تجدید نظر قرار گرفته است . ارائه این دروس با توجه به ظرفیت علمی کنونی دانشکده امکان پذیر خواهد بود.

معرفی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز

کاربرد مهندسی مکانیک در کلیه علوم مهندسی به حدّی است که هیچ یک از این علوم را نمی توان مستقل از مکانیک تصور نمود. دانش آموختگان مهندسی مکانیک همواره در صنایع جایگاه ویژه ای داشته اند. بسیاری از ایشان هم اکنون به عنوان مدیران صنایع و یا مهندسان فعال در تولید و یا به عنوانِ اعضای هیأت علمی ـ پژوهشی مراکز علمی کشور مشغول به کار می باشند و توانسته اند با شایستگی و خلاقیت، دانش مهندسی خود را در راه نوآوری و پیشرفت و آبادانی کشور در عمل به کار گیرند.

دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز در سال ۱۳۴۳ با پذیرش دانشجو در مقطع کارشناسی آغاز به کار کرد و پس از آن در سال ۱۳۴۸ اولین دوره دانشجویان کارشناسی ارشد را پذیرفت.

آغاز دوره دکترای مهندسی مکانیک برای اولین بار در ایران پیش از انقلاب در این دانشکده صورت پذیرفت و پس از پیروزی انقلاب این دانشکده همگام با دیگر دانشگاه هایِ معتبر ایران دوره دکتری را از سال ۱۳۷۰ مجدداً پی ریزی نمود.

هم اکنون دانشکده مهندسی مکانیک دارای چهار بخش مهندسی مکانیک جامدات؛ مهندسی مکانیک حرارت و سیالات؛ مهندسی انرژی - هوا فضا و مهندسی هسته ای می باشد. این دانشکده در مقطع کارشناسی در دو گرایشِ مکانیکِ جامدات و حرارت و سیالات و در مقطع کارشناسی ارشد در پنج گرایشِ مکانیک ـ طراحی کاربردی؛ مکانیک ـ تبدیل انرژی؛ هوا فضا ـ آیرودینامیک؛ هسته ای ـ رآکتور و هسته ای ـ پرتو پزشکی و در مقطع دکتری در گرایش های مکانیک ـ طراحی کاربردی؛ مکانیک ـ حرارت و سیالات؛ هوا فضا ـ آیرودینامیک؛ هسته ای ـ رآکتور و هسته ای ـ پرتو پزشکی دانشجو می پذیرد.

دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز، در حال حاضر از فعالیت۳۸ عضو هیأت علمی بهره می برد. از این تعداد ۱۶ نفر در بخش مهندسی مکانیک جامدات، ۱۳ نفر در بخش های مهندسی مکانیک حرارت و سیالات و مهندسی هوا فضا و ۹ نفر در بخش مهندسی هسته ای و مرکز تحقیقات تابش مشغول به فعالیت علمی هستند.

تاکنون بیش از ۲۷۳۵ دانشجو در مقطع کارشناسی، ۷۴۸ دانشجو در مقطع کارشناسی ارشد و ۶۶ دانشجو در مقطع دکتری از این دانشکده فارغ التحصیل شده اند.

تعداد دانشجویان مقطع کارشناسی دانشکده مهندسی مکانیک در حال حاضر ۴۹۰ نفر، دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد ۳۱۵ نفر و تعداد دانشجویان دوره دکتری ۱۱۰ نفر می باشد. فعالیت های آموزشی و پژوهشی

این دانشکده، محدود به تربیت دانشجو نبوده و همه ساله تحقیقات فراوانی توسط اساتید و دانشجویان و زیرمجموعه های دانشکده مهندسی مکانیک در زمینه های گوناگون علمی و صنعتی به انجام می رسد.

این دانشکده جهت تکمیل آموزش های نظری و فنی خود، از مجموعه مجهزی از آزمایشگاه ها و کارگاه های تخصصی بهره می برد. اسامی برخی از آزمایشگاه ها و مراکز تحقیقاتی مرتبط با این دانشکده به قرار ذیل می باشد:

مرکز انرژی خورشیدی، مرکز تحقیقات تابش، مرکز محاسبات سریع ، مرکز تحقیقات موتور ، مرکز تحقیقات هوایی (مجری سیستم تونل باد حدود صوت)، مرکز تحقیقات پیشرفته در طراحی،مرکز تحقیقات سازه های هوشمند، آزمایشگاه تونل باد و آیروالاستیسیته ، مرکز تحقیقات پیل های سوختی، آزمایشگاه ترمودینامیک ، آزمایشگاه انتقال حرارت،آزمایشگاه دینامیک و ارتعاشات ،آزمایشگاه فیزیک هسته ای، آزمایشگاه دزیمتری، آزمایشگاه طیف نگاری گاما، کارگاه ماشین ابزار ، کارگاه جوشکاری، کارگاه اتومکانیک.

بهار ۱۳۹۵

دانشجویان دوره کارشناسی ارشد طراحی کاربردی جهت طی این دوره نیاز به گذراندن ۲۹ واحد درسی به شرح جدول زیر دارند

دروس الزامی	**۶ واحد**
دروس انتخابی	**۱۵ واحد**
پایان نامه	**۸ واحد**
جمع	**۲۹ واحد**

اسامی دروس و تعداد واحد های آن برای سه زمینه تخصصی درجداول شماره ۱ تا ۷ ذکرشده است

جدول شماره۱ - دروس الزامی (زمینه تخصصی مکانیک جامدات)				
ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعات نظری	پیشنیاز
۱	ریاضیات پیشرفته ۱	۳	۴۸	ندارد
۲	مکانیک محیط های پیوسته ۱	۳	۴۸	ندارد

جدول شماره ۲- دروس الزامی (زمینه تخصصی دینامیک ، ارتعاشات و کنترل)				
ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعات نظری	پیشنیاز
۱	ریاضیات پیشرفته ۱	۳	۴۸	ندارد
۲	دینامیک پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
	ارتعاشات پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
	کنترل خودکارپیشرفته	۳	۴۸	ندارد

جدول شماره ۳- دروس الزامی (زمینه تخصصی بیومکانیک)				
ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعات نظری	پیشنیاز
۱	ریاضیات پیشرفته ۱	۳	۴۸	ندارد
۲	بیومکانیک اسکلتی عضلانی	۳	۴۸	ندارد
	مبانی مهندسی پزشکی	۳	۴۸	ندارد

دانشجویان باید ۳ واحد ردیف ۱ و ۳ واحد از ردیف ۲ جمعا ۶ واحد درس الزامی اخذ کنند.

دانشجویان باید ۱۵ واحد از جدول زیر انتخاب کنند. انتخاب ۳ واحد از سایر زمینه های تخصصی یا دروس سایر بخشها با نظر استاد راهنما و تایید بخش بلامانع است .

جدول شماره ۴- دروس انتخابی (زمینه تخصصی مکانیک جامدات)				
ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعات نظری	پیشنیاز(همنیاز)
۱	تئوری الاستیسیته	۳	۴۸	(مکانیک پیوسته ۱)
۲	مقاومت مصالح پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۳	روش اجزاءمحدود	۳	۴۸	ندارد
۴	طراحی اجزاءپیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۵	ارتعاشات پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۶	دینامیک پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۷	سیستم های دینامیکی	۳	۴۸	(ریاضیات پیشرفته ۱)
۸	مکانیک موادمرکب	۳	۴۸	ندارد
۹	پلاستیسیته	۳	۴۸	ندارد
۱۰	ترموالاستیسیته	۳	۴۸	ندارد
۱۱	خزش خستگی شکست	۳	۴۸	ندارد
۱۲	طراحی بهینه قطعات مکانیکی	۳	۴۸	ندارد
۱۳	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۱۴	پایداری سیستمهای مکانیکی	۳	۴۸	ندارد
۱۵	روش های بدون المان	۳	۴۸	ندارد
۱۶	روشهای انرژی	۳	۴۸	ندارد
۱۷	مکانیک برخورد	۳	۴۸	ندارد
۱۸	ریاضیات پیشرفته ۲	۳	۴۸	ریاضیات پیشرفته ۱
۱۹	مکانیک محیط پیوسته ۲	۳	۴۸	مکانیک محیط پیوسته ۱
۲۰	تئوری ورق ها و پوسته ها	۳	۴۸	ندارد
۲۱	روش اجزا ی مرزی	۳	۴۸	ندارد
۲۲	آنالیز تانسوری	۳	۴۸	ریاضیات پیشرفته ۱
۲۳	روش های تغییراتی	۳	۴۸	ندارد
۲۴	مکانیک محیط های دانه ای	۳	۴۸	ندارد

۲۵	آیروالاستیسیته	۳	۴۸	ندارد
۲۶	آنالیز تابعی کاربردی	۳	۴۸	ندارد
۲۷	محاسبات عددی پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۲۸	ارتعاشات غیر خطی	۳	۴۸	ندارد
۲۹	مکانیک شکست	۳	۴۸	ندارد
۳۰	دینامیک محاسباتی	۳	۴۸	ندارد
۳۱	ارتعاشات سیستمهای پیوسته	۳	۴۸	ندارد

دانشجویان باید ۱۵ واحد از دروس جدول زیر و یا ردیف ۲ جدول ۲ انتخاب کنند. انتخاب ۳ واحد از سایر زمینه های تخصصی یا دروس سایر بخشها با نظر استاد راهنما و تایید بخش بلامانع است .

جدول شماره ۵ - دروس انتخابی (زمینه تخصصی دینامیک ، ارتعاشات و کنترل)				
ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعات نظری	پیشنیاز
۱	مکانیک محیط های پیوسته	۳	۴۸	ندارد
۲	سیستم های دینامیکی	۳	۴۸	ندارد
۳	دینامیک غیرخطی و آشوب	۳	۴۸	ندارد
۴	ارتعاشات سیستمهای پیوسته	۳	۴۸	ندارد
۵	ارتعاشات غیرخطی	۳	۴۸	ندارد
۶	آنالیز مودال	۳	۴۸	ندارد
۷	رباتیک	۳	۴۸	ندارد
۸	کنترل غیرخطی	۳	۴۸	ندارد
۹	کنترل ربات	۳	۴۸	رباتیک
۱۰	کنترل بهینه	۳	۴۸	ندارد
۱۱	کنترل چند متغیره	۳	۴۸	ندارد
۱۲	کنترل مقاوم	۳	۴۸	ندارد
۱۳	کنترل تطبیقی	۳	۴۸	ندارد
۱۴	کنترل فازی	۳	۴۸	ندارد
۱۵	کنترل فرآیند های اتفاقی	۳	۴۸	ندارد
۱۶	محاسبات عددی پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۱۷	آنالیز تانسوری	۳	۴۸	ریاضیات پیشرفته ۱
۱۸	ریاضیات پیشرفته ۲	۳	۴۸	ریاضیات پیشرفته ۱
۱۹	آئروالاستیسیته	۳	۴۸	ندارد
۲۰	روشهای تغییراتی	۳	۴۸	ندارد
۲۱	روشهای انرژی	۳	۴۸	ندارد
۲۲	مکانیک برخورد	۳	۴۸	ندارد
۲۳	مکانیک محیطهای دانه ای	۳	۴۸	ندارد
۲۴	مبانی سیستمهای هوشمند در مدلسازی و کنترل	۳	۴۸	ندارد
۲۵	دینامیک محاسباتی	۳	۴۸	ندارد

دانشجویان باید ۱۵ واحد از دروس جدول زیر و یا ردیف ۲ جدول ۳ انتخاب کنند. انتخاب ۳ واحد از سایر زمینه های تخصصی یا دروس سایر بخشها با نظر استاد راهنما و تایید بخش بلامانع است.

جدول شماره ۶- دروس انتخابی (زمینه تخصصی بیومکانیک)				
ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعات نظری	پیشنیاز
۱	رباتیک پزشکی	۳	۴۸	ندارد
۲	مدلسازی و تحلیل حرکات بدن	۳	۴۸	ندارد
۳	کنترل سیستم های بیولوژیکی	۳	۴۸	ندارد
۴	بیومکانیک شغلی	۳	۴۸	ندارد
۵	طراحی تجهیزات پزشکی و ایمپلنت ها	۳	۴۸	ندارد
۶	سینماتیک و دینامیک رباتهای زیست-پایه	۳	۴۸	ندارد
۷	مدلسازی و شبیه سازی سیستم های بیولوژیکی	۳	۴۸	ندارد
۸	مبانی سیستم های هوشمند در مدلسازی و کنترل	۳	۴۸	ندارد
۹	بیومکانیک استخوان وصدمات استخوانی	۳	۴۸	ندارد
۱۰	ابزار دقیق در سیستم های زیستی	۳	۴۸	ندارد
۱۱	ارگانهای مصنوعی	۳	۴۸	ندارد
۱۲	بیومکانیک ستون مهره ها	۳	۴۸	ندارد
۱۳	مهندسی توانبخشی حرکتی	۳	۴۸	ندارد
۱۴	مکانیک سلولی	۳	۴۸	ندارد

۱۵	بیومکانیک برخورد و تصادم	۳	۴۸	ندارد
۱۶	محاسبات عددی پیشرفته	۳	۴۸	ندارد
۱۷	بیومکانیک ارتوپدی	۳	۴۸	ندارد
۱۸	بیو مواد	۳	۴۸	ندارد

جدول شماره ۷	
پایان نامه	۸ واحد

نام درس : ریاضیات پیشرفته ۱ **Advanced Mathematics 1**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : الزامی

سرفصل مطالب :

فضاهای برداری ، زیر فضاها ، وابستگی خطی ، پایه و بعد ، مرور عملیات مقدماتی در ماتریس ها ، ماتریس تحویل یافته سطری ، مختصات ، تغییر پایه ، ماتریس های وارون پذیر ، تبدیل های خطی ، جبر تبدیل های خطی ، نمایش تبدیل های خطی توسط ماتریس ها ، فانکشنال های خطی و فضای دوگان ، ترانهاده تبدیل های خطی ، تشابه ، دترمینان ماتریس های مربع ، سیستم معادلات خطی و حذف گوسی ، مقادیر ویژه و فضاهای ویژه ، عملگرهای قطری پذیر ، توابع ماتریس های مربع ، تکرار پذیری جبری و هندسی مقادیر ویژه ، ماتریس های لاندا ، قضیه کیلی – هامیلتون ، اتحاد سیلوستر ، چندجمله ای مینیمال ، فانکشنال های خطی و عملگرهای الحاقی ، زیرفضاهای پایا ، T- هادی ، عملگرهایی که قابل مثلثی شدن هستند ، فضاهای ضرب داخلی ، فرایند گرام – اشمیت ، تصویر عمودی ، بهترین تقریب ، نامساوی بسل ، تجزیه QR ، عملگرهای خود الحاقی و یکانی ، تشابه یکانی و تشابه تعامدی ماتریس های نرمال و ویژگی های آن ها ، سیستم معادلات دیفرانسیل خطی ، ماتریس انتقال حالت ، حل های تقریبی و ماتریزان ، فرم های درجه دو و طبقه بندی و تقلیل آن ها ، قضیه تجزیه چولسکی ، اکسترمم توابع چند متغیره ، ماتریس هسیان ، قطری سازی همزمان توسط همنهشتی.

مراجع :

1. Linear Algebra ; K.Hoffman and R.Kunze, Prentice-Hall Inc. 1971
2. Matrix Theory with Applications ; J.L.Goldberg, Mc-Graw Hill 1992
3. Shaum's Outline Series, Matrices; F.Ayres Jr., Mc-Graw Hill 1962
4. Advanced Engineering Mathematics; C.R.Wylie, Mc-Graw Hill 1995
5. Advanced Calculus for Applications; F.B. Hildebrand, Prentice Hall 1976
6. Advanced Mathematics for Engineers; W.Kaplan, Techbooks 1981
7. Introduction to Linear Systems Analysis; G.Swisher, Matrix Publishers 1976

نام درس : مکانیک محیطهای پیوسته ۱ **Continuum Mechanics 1**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : الزامی

سرفصل مطالب :

مقدمه و تعاریف کلی ، جسم و پیکربندی، توصیف مادی و مرجعی حرکت ، مشتق مادی ، قراردادهای فشرده نویسی و تانسورهای دکارتی ، قضایای انتگرالی ، سینماتیک محیط پیوسته ، تانسور گرادیان تغییر فرم و قضیه تجزیه قطبی ، سنجشهای تغییر فرم و تانسورهای کرنش (گرین و آلمانسی) ، اتساع المان خطی ، تانسورهای گرادیان سرعت ، نرخ تغییر فرم و گردابی ، حرکت صلب الحاقی ، تغییر فرم های بسیار کوچک و تئوری خطی ، پایستگی جرم و قضیه انتقال رینولدز ، بردار تراکشن ، اصول پایستگی تکانه خطی و زاویه ای ، ویژگی های بردار تراکشن و وجود تانسور تنش ، فرم موضعی معادله حرکت ، تانسورهای پیولا و معادلات حرکت بر حسب این تانسورها ، نظریه کلی معادلات متشکله ، اصل استقلال معادلات متشکله از چارچوب ، سیال راینر ریولین ، جسم جامد الاستیک ، انرژی کرنشی و مواد هایپر الاستیک ، تقارن مادی در مواد الاستیک خطی و غیر خطی ، تقارن تک صفحه ای ، مواد ارتوتروپیک و همسانگرد ، مسائل الاستودینامیکی و الاستواستاتیکی ، معادلات ناویر در مختصات مختلف ، دایره مور ، اصل پایستگی انرژی ، نامساوی کلازیوس دوهم ، فرایندهای ترمودینامیکی ، معادلات متشکله در ترموالاستیسیته ، سیال لزج خطی ، استهلاک در سیالات لزج ، ترموالاستیسیته خطی ، پدیده گاف – ژول ، محدودیت بر بردار شار حرارتی .

مراجع:

1. P.M.Naghdi's Notes on Continuum Mechanics;www.me.berkeley.edu/faculty/casey/partl-III.pdf., 2001

2. Introduction to Continuum Mechanics; W.M.Lai, D.Rubin and E.Krempl, Butterworth Heinemann Ltd. Copyright 2010 Elsevier.

3. An Introduction to Continuum Mechanics with Applications; J.N.Reddy, Cambridge University Press 2008

4. Schaum's Outline Series, Theory and Problems of Continuum Mechanics; G.E.Mase, Mc-Graw Hill Book Co., 1970

5. Continuum Mechanics; Y.C.Fung, Prentice Hall Inc. 1969

6. Introduction to Mechanics of a Continuous Medium; L.E.Malvern, Prentice Hall 1977

7. Continuum Mechanics; A.J.M.Spencer, Longman Group Ltd. London 1980

8. Continuum Mechanics, Concise Theory and Problems, P.Chadwick, Dover Pub.1998

9. Introduction to Mechanics of Continua; W.Prager, Courier Dover Publications 2004

10. The Elements of Continuum Mechanics; C.Truesdell, Springer-Verlag 1985

11. An Introduction to Continuum Mechanics; M.E. Gurtin, Published by Alekk1 1981

12. An Introduction to Thermomechanics; Hans Ziegler, North Holland 1983

13. Cartesian Tensors; Sir Harold Jeffreys, Cambridge at the University Press 1931, 7th Impression 1969

14. Cartesian Tensors in Engineering Sciences; L.G.Jaeger, Pergamon Press 1966

نام درس : الاستیسیته **Elasticity**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : مکانیک پیوسته ۱ (یا همنیاز)

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

تغییر فرمهای عمومی ، کرنش کروی و انحرافی ، قضیه همسازی ، جابجایی و کرنش در دستگاههای مختصات منحنی الخط ، نیروهایحجمی و سطحی ، تنش کروی و انحرافی ، تنشهای اصلی ، معادلات تعادل در دستگاههای مختصات دکارتی ، استوانه ای و کروی ، معادلات متشکله مواد الاستیک و ترمو الاستیک ، مفهوم فیزیکی ثابتهای الاستیک ، شرایط مرزی ، دسته بندی مسائل الاستیسیته ، فرمولبندی بر اساس تنش و کرنش ، قانون جمع آثار ، اصل سن ونان ، روشهای عمومی حل مسائل الاستیسیته ، انرژی کرنشی ، کران ثابتهای الاستیک ، کار مجازی ، انرژی پتانسیل کمینه و انرژی مکمل کمینه ، روش رایلی ریتز ، تنش صفحه ای ، کرنش صفحه ای ، تابع تنش ایری(Airy) ، فرمولبندی در دستگاه مختصات قطبی و بیان روشهای حل ، حل با استفاده از تابع تنش چند جمله ای و سری فوریه ، فرمولبندی کشش ، فشار و پیچش ، حل مسائل پیچش با استفاده از معادله مرز سطح مقطع ، حل مسائل پیچش با استفاده ازسری فوریه ، پیچش مقاطع توخالی ، پیچش میله های با قطر متغیر ، فرمولبندی خمش ، خمش بدون پیچش .

مراجع :

1. Elasticity: Theory, Applications and Numerics; M.H.Sadd, 3rd ed. Academic Press 2014.

2. Elasticity (Solid Mechanics and Its Applications); J.R.Barber, 3rd ed. Springer 2010

3. Elasticity in Engineering Mechanics; A.P.Borsei, K.Chong and J.D.Lee, John Wiley and Sons 2010.

4. Theory of Elasticity; S.P.Timoshenko and J.N.Goodier, Mc-Graw Hill 1969, Digitized 2010.

نام درس: مقاومت مصالح پیشرفته **Advanced Strength of Materials**

تعداد واحد: ۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع واحد: انتخابی

سرفصل مطالب :

مفاهیم پایه: تنش، کرنش، روابط تنش- کرنش، مؤلفه های جابجایی، روابط کرنش- جابجایی(مختصات دکارتی و استوانه ای).

تنش و کرنش: انتقال تنش، انتقال کرنش، روابط عمومی تنش- کرنش، معادلات تعادل، روابط سازگاری.

مقدمه ای بر تئوری الاستیسیته: مسائل الاستیک صفحه ای، مفهوم تابع تنش، پیچش مقاطع غیر دایره ای(تابع تنش پرانتل).

جریان برش، پیچش لوله های بسته جدار نازک (تک سلولی و چند سلولی)، خمش تیرهای نامتقارن، تیرهای خمیده.

مقدمه ای بر تئوری خمشی ورق ها: معادلات حاکمه، خمش ورق های مستطیلی و دایره ای، روش جمع آثار.

تیر بر بستر الاستیک: تئوری عمومی، شرایط مرزی، تیرها با طول نامحدود، تیرها با طول نیمه نامحدود ، تیرها با طول کوتاه.

کمانش: تئوری اویلر، روش رانکین-گردن، ستون با انحنای اولیه، بار خارج از محور، روش حل انرژی پتانسیل کمینه (روش رایلی_ریتز)، تیر- ستون ها.

مراجع :

1. Ansel C. Ugural and Saul K. Fenster, "Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity", 5th Edition, Pearson Education Inc., 2012.
2. Richard G. Budynas, "Advanced Strength and Applied Stress Analysis", 2nd Edition, McGraw-Hill, 2006.
3. Arthur P. Boresi and Richard J. Schmidth, "Advanced Mechanics of Materials", 6th Edition, John Wiley and Sons, 2003.
4. S. Timoshenko," Timoshenko's Strength of Materials, Part II: Advanced Theory and Problems", 3rd Edition, Krieger Pub. Co., 1963.

نام درس : روش اجزای محدود **Finite Element Method**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

مروری بر روشهای عددی مختلف برای حل مسائل مقادیر مرزی شامل روش تفاضل محدود ،روش تغییراتی، روشهای مختلف باقیمانده وزندار، مفاهیم اساسی روش اجزاء محدود

- آنالیز اجزاء محدود مسائل یک بعدی، فرمولاسیون ضعیف معادلات دیفرانسیل معمولی، روش گالرکین، مسائل مرتبه۲ مقادیرمرزی، مسائل مرتبه۴مقادیرمرزی، سیستم معادلات دیفرانسیل مرتبه۲، حساب تغییرات، روش تغییراتی، المانهای تیر اویلر برنولی و تیموشینکو، قفل شدگی برشی، مسائل وابسته به زمان، تقریب زمانی، مسائل مقادیر ویژه (ارتعاشات و پایداری)، المانهای خرپا وقاب

- آنالیز اجزاء محدود مسائل دو بعدییک متغیره، فرمولاسیون ضعیف،کاربردها در انتقال حرارت، مکانیک سیالات و مکانیک جامدات، المانهای دو بعدی مختلف و توابع شکل، المانهایMaster دو بعدی، انتگرال گیری عددی بمنظورتعیین عضو ماتریس ها و بردارهای المانی، تولید شبکه، سرهم بندی معادلات واعمال شرایط پرش، مرزی و اولیه

- آنالیز عناصر محدود مسائل مرتبه۲ دو بعدی دو متغیره ، تحلیل استاتیکودینامیک مسائل الاستیسیته صفحه ای و جریان غیر قابل تراکم لزج، روش پنالتی

- آنالیز عناصر محدود صفحات با استفاده از تئوریهای کلاسیک و تغییرفرم برشی مرتبه ۱

- خطاها درآنالیز عناصر محدود، همگرائی و دقت، مدلهای عناصر محدود باقیمانده وزندار، فرمولاسیون ترکیبی، مدلهای عناصرمحدود غیرخطی، مسائل سه بعدی

مراجع :

1- E. B. Becker, G.F. Cray, and J.T. Oden, Finite Elements, An Introduction-Volume 1, Prentice-Hall, 1981

2- J. N. Reddy, An Introduction to the Finite Element Analysis, McGraw-Hill, 2006.

3- O.C Zienkiewicz and K. Morgan, Finite Elements and Approximation, Wiley, 1974

4- O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, Volume 1, McGraw-Hill, 1994.

5- R. D. Cook, D.S. Malkus, M.E. Plesha, Concepts and Application of Finite Element Analysis, 3 rd Edition, Wiley, 1989.

6- R. L. Taylor, J.Z. Zhu, The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, 6th Edition, Butterworth-Heinemann Co., 2005.
7- S.C. Brenner, L.R. Scott, The Mathematical Theory of Finite Element Methods, McGraw-Hill, 2006.
8- J. N. Reddy, An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis, Oxford, 2004

نام درس : طراحی اجزای پیشرفته **Advanced machine Design**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱. مقدمه
۲. فرایند طراحی پیشرفته
۳. طراحی بر پایه انتخاب مواد
۴. طراحی احتمالی
۵. مدل های پایه ائی اعتماد پذیری
۶. طراحی بر پایه اعتماد پذیری
۷. تعمیر پذیری و در دسترس بودن
۸. تحلیل درخت خطا
۹. مواد و سازه های هوشمند
۱۰. بهینه سازی در طراحی

References:

1. The Engineering Design Process, Eatas, A. and Jones, J.C., 1996.
2. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, C.E. Ebeling,1997.
3. Mechanical Engineering Design , Shigley's ,J.E., 9th Edition ,2011.
4. Smart Material Systems and MEMS: Design and Development Methodologies, V.K. Varadan et al, 2006.

نام درس : ارتعاشات پیشرفته Advanced Vibrations

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

۱- مروری بر ارتعاشات مقدماتی

معرفی مفاهیم اساسی، ارتعاشات آزاد و اجباری سیستمهای یک درجه آزادی، تابع پاسخ فرکانسی ، اندازه گیری، کنترل، طراحی و پایداری سیستم های یک درجه آزادی

۲- ارتعاشات آزاد و اجباری سیستم های چند درجه آزادی

خواص سیستم های خطی، ضرایب تاثیر، ماتریسهای سفتی و انعطاف پذیری، قضیه reciprocity ، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ، تعامد مدهای نرمال، قضیه بسط، میرائی مودال، میرائی لزج دلخواه ، آنالیز مودال فضای حالت

۳- دینامیک تحلیلی

درجات آزادی، مختصات تعمیم یافته، قیود هولونومیک و غیرهولونومیک، اصل کارمجازی، اصل هامیلتون، اصل تعمیم یافته همیلتون، معادلات لاگرانژ، سیستمهای دینامیکی مقید ، روشهای کمینه و افزونه ، ضرایب لاگرانژ

۴-روشهای محاسباتی برای یافتن فرکانسهای طبیعی و بردارهای ویژه سیستم های چند درجه

روش تکرار ماتریسی، روش جاکوبی، روش QR

۵- سیستم های پیوسته

ارتعاشات آزاد کابلها، میله ها، شفت ها، تیرها، غشاها و صفحات، معادله موج، حل دالامبرت، خطوط مشخصه، جداسازی متغیرها، مسائل مقدار ویژه ، تعامد توابع ویژه

۶- روش جمع مودها برای سیستم های پیوسته

روش جمع مودها، ارتعاشات اجباری سیستم های پیوسته، فرکانس های طبیعی و مودهای نرمال سازه های مقید، روش شتاب مودی، سنتز مودهای اجزا

۷- مقدمه ای برروش اجزاء محدود

گسسته سازی فضایی ، درجات آزادی ندی، بدست آوردن ماتریس های جرم و سفتی المانها وبردار بار بکمک روش لاگرانژ، المان میله، تیر، خرپا و قاب،گسسته سازی زمانی، روش Runge – Kutta ، روش Newmark

۸-روشهای کلاسیک

کسررایلی، روش رایلی، روش دانکرلی، روش رایلی ریتز، روش هلز، روش مایکلستاد

۹- مقدمه ای بر ارتعاشات غیرخطی

صفحه حالت، سیستم های پایا، نقاط تعادل، آنالیزپایداری، روشهای نیمه تحلیلی، روشهای عددی

۱۰- مقدمه ای برارتعاشات تصادفی

فرآیندهای تصادفی، تابع پاسخ فرکانسی، توزیع احتمال، همبستگی، طیف قدرت، چگالی طیف قدرت، FTs و پاسخ

مراجع :

1- W. T. Thomson and M. D. Dahleh, *Theory of vibration with application,* Prentice-Hall, 1993

2- L. Meirovitch, *Fundamentals of vibration,* McGraw-Hill, 2001

3- L. Meirovitch,, *Analytical methods in vibrations,* Macmillan, 1967

4- D. J. Inman,, *Vibration with control, measurement and stability,* Prentice-Hall, 1989

5- C, .de.Silva, *Vibrations, fundamentals and practice, Taylor & Francis Group, 2006*

6- S.S. Rao, *Mechanical Vibrations*, Addison –Wesley, 2000

7- L. Meirovitch, *Computational methods in structural dynamics*, Sijthoff &Noordhoff, 1980

نام درس : دینامیک پیشرفته **Advanced Dynamics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

مروری بر مشتق توابع برداری ، چارچوب های مختلف مرجع ، سینماتیک جسم صلب در فضا ، سرعت زاویه ای ، ارتباط مشتق توابع برداری در دو چارچوب ، شتاب زاویه ای ، سرعت و شتاب خطی ، قیود وضعیت ، مختصات تعمیم یافته ، سرعت های تعمیم یافته و درجات آزادی ، قیود حرکت ، معرفی سیستمهای هولونومیکی و غیر هولونومیکی ، توزیع جرم ، دیادیک اینرسی و ممان اینرسی های اصلی ، بیضوی اینرسی ، نیروهای تعمیم یافته ، کوپل و گشتاور و مومنتم های تعمیم یافته ، نیروهای تعمیم یافته فعال و فاقد سهم ، نیروهای اصطکاک و نیروهای تعمیم یافته اینرسی ، انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی ، دینامیک اجسام صلب در فضا و فرمولبندی معادلات حرکت ، سیستم های طبیعی و غیر طبیعی ، زوایای اویلر ، اصول کار مجازی ، دالامبر ، هامیلتون و لاگرانژ ، معادلات لاگرانژ ، هامیلتون ، گیپس-اپل و کین ، انتگرال های اول حرکت ، حرکت ضربه ای ، خطی سازی معادلات حرکت ، حرکت ماندگار و حرکت های شبه سکون در چارچوب نیوتونی ، مقدمه ای بر دینامیک اجسام انعطاف پذیر (مباحث نوین کاربردی در دینامیک پیشرفته)

مراجع :

1. Dynamics: Theory and Applications; T.R.Kane and D.A.Levinson, Mc-Graw Hill Book Company, Copyright 2005 by the authors.

2. Analytical Dynamics; H.Baruh, Mc-Graw Hill 1998.

3. Classical Mechanics; H.Goldstein, C.Poole and J.Safko, Addison Wesley 2002.

4. Principles of Dynamics; D.T.Greenwood, Prentice Hall 1987.

نام درس : سیستمهای دینامیکی **Dynamical Systems**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

تعریف سیستمهای دینامیکی و انواع سیستمها ، مدلهای فضا-حالت ، سیستمهای خودگرد و غیر خودگرد ، بررسی نقاط تعادل سیستمهای خودگرد، سیستمهای رسته دو خودگرد ، فرم جردن سیستمهای خطی ، سیستمهای متعارف ساده و غیر ساده ، نمودار فاز سیستمهای خطی ساده ، بررسی سیستمهای غیر خطی در صفحه ، قضیه هارتمن گروبمن ، پایداری نقاط ثابت ، قضایای پایداری و ناپایداری لیاپانوف ، نقاط عادی و رفتار فراگیر ، قضیه جعبه شار ، سیستمهای پایستار و هامیلتونی آنها، نقاط حدی و چرخه های حدی ، نگاشت پوانکاره و بررسی پایداری چرخه های حدی ، تئوری پوانکاره – بندیکسن ، ناحیه تله و مجموعه های ناوردا ، معیار بندیکسن ، شاخص پوانکاره ، کاربردهایی از سیستمهای دینامیکی مشتمل بر : ارتعاشات استهلاکی ، مسئله رقابت گونه ها ، معادلات ولترا لوتکا ، مدل هولینگ – تانر ، وارهیدگی در نوسانات ، معادله واندرپول و صفحه لینارد ، جهش و منظم سازی ، مدل سازی قطعه قطعه و چرخه حدی . خانواده معادلات دیفرانسیل و پدیده دوشاخه ای شدن ، نمودار دو شاخه ای شدن ، دو شاخه ای شدن گره زینی ، هوف ، پیچفورک ، گذر از بحرانی . بررسی سیستمهای دینامیکی در سه بعد ، قضیه منیفلد پایداری و قضیه منیفلد مرکزی ، نگاشت پوانکاره برای سیستمهای سه بعدی. روش های اختلالات جزئی در بررسی سیستمهای غیر خطی ، جملات زمان رو روش لیندشتاد ، روش KBM ، سیستمهای شبه هارمونیک و پدیده جهش ، زیرهارمونیک ها و هارمونیک های ترکیبی ، معادله ماتیو ، مقدمه ای بر نظریه آشوب .

مراجع :

1. Dynamical Systems, Differential Equations, Maps and Chaotic Behaviour ; D.K. Arrowsmith and C.M.Place, Chapman and Hall Mathematics, London 1995.

2. Differential Equations and Dynamical Systems; L.Perko, Springer-Verlag New York 1991.

3. Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos ; S.Wiggins, Springer- Verlag New York 2003.

4. Nonlinear Dynamical Systems; P.A.Cook, Prentice Hall UK 1994.

5. Nonlinear System Analysis; A.Blaquiere, Academic Press, London 1966.

6. Differential Equations, A Modern Approach; H.Hochstadt, Dover Publication New York 2012.

7. Nonlinear System Dynamics; W.R.Kolk and R.A.Lerman, Van Nostrand New York 1992.

8. Elements of Vibration Analysis; L.Meirovitch, Mc-Graw Hill 1986.

نام درس : مکانیک مواد مرکب **Mechanics of Composite Materials**

تعداد واحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

تعریف مواد مرکب ، ماکرومکانیک و مایکرومکانیک مواد مرکب ، تئوری و رفتار ماکرومکانیک لایه های مواد مرکب ، مقاومت کششی ، فشاری و مماسی مواد مرکب ، تئوری های شکست در مواد مرکب ، معادلا حاکم و تحلیل تنش و کرنش در تیرهای ساخته شده از مواد مرکب ، معادلات حاکم و تحلیل تنش و کرنش در ورق ها و سازه های ساندویچی مرکب ، مباحث پیشرفته در مواد مرکب از جمله تحلیل سه بعدی مواد مرکب .

انتظار می رود دانشجو با گذراندن این درس نکات زیر را آموخته باشد : آشنایی با ساخت انواع مواد مرکب و رفتار آنها ، تحلیل استاتیکی و دینامیکی و شکست قطعات ساخته شده از مواد مرکب دو و سه بعدی و ساندویچی و اثرات پارامترهای مختلف در آن ها ، چگونگی تحلیل مواد مرکب در برنامه های کامپیوتری نظیر ABAQUS, ANSYS, NASTRAN

مراجع:

1. Mechanics of Composite Materials, R.M.Jones, CRC Press 1998.
2. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells, Theory and Analysis, J.N.Reddy, CRC Press 1997.
3. Mechanics and Analysis of Composite Materials, V.V.Vasiliev, E.Morozov, Elsevier Science 2001.
4. Mechanics of Composite Structures, L.P.Kollar, G.S.Springer, Cambridge University Press 2003.

نام درس : پلاستیسیته Plasticity

تعداد واحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

- فیزیک تغییر شکل، نقایص کریستالی، نابجایی ها، تنش تسلیم تیوری.
- بررسی رفتارهای یک بعدی غیرخطی همانند: ویسکوالاستیسیته، ویسکوپلاستیسیته، پلاستیسیته کامل، سختی سازی.
- مفاهیم پلاستیسیته: تغییر شکل الاستیک و پلاستیک، مفهوم سطح تسلیم، تأثیر تنش هیدرواستاتیک، نرخ کرنش و دما بر منحنی تنش و کرنش، بارگذاری ساده و مختلط، معیارهای تسلیم، منحنی تسلیم، سطح تسلیم، منحنی بارگذاری، منحنی، (von-Mises) معیار فون مایزس، (Tresca-Saint Venant) معیار ترسکا-سنونان، باربرداری ،توصیف ریاضی و هندسی سطح تسلیم، فرضیه دراکر، تحدب سطح بارگذاری.
- تئوری جریان پلاستیسیته: قانون جریان،کرنش سختی، تئوری پلاستیسیته سنونان-فون مایزس، معادلات پرانتل- رویس، قانون جریان وابسته،
- قوانین سخت شوندگی همسانگرد و سینماتیک (مدلهای پراگر، آرمسترانگ-فردریک، مدل شاباش)
- روشهای عددی در پلاستیسیته (تقریب متوالی و روش نگاشت بازگشتی).
-

مراجع:

1. J. Lubliner, "Plasticity Theory", Dover Publications, 2008.
2. J. Chakrabarty, "Theory of Plasticity", Butterworth-Heinemann, 3rd Edition, 2006.
3. L. M. Kachanov, "Fundamentals of the Theory of Plasticity", Dover Publications, 2004.
4. A. S. Khan and S. Huang, Continuum Theory of Plasticity, John Wiley & Sons, 1999.

نام درس : ترموالاستیسیته **Thermoelasticity**

تعداد واحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

- اهمیت تنش های حرارتی، تنش های حرارتی در میله ها، تنش های حرارتی در تیر ها
- معادلات هدایت حرارتی دایمی و گذرا (مختصات کارتزین، استوانه ای و کروی)
- معادلات اساسی ترموالاستیسیته و جواب های عمومی آن (معادلات حاکم، پاسخ عمومی معادله ناویر، مختصات استوانه ای و کروی، اجسام multiply-connected)
- مسایل ترموالاستیک صفحه ای - دوبعدی (تابع تنش ترموالاستیسیته، روش مختلط)
- مسایل نیمه ایستا ترموالاستیسیته، بیان تغییر مکانی و تنشی مسایل ترموالاستیسیته و تعمیم قضیه بتی– ماکسول به ترموالاستیسیته
- مسایل پایداری ترموالاستیسیته
- ترمودینامیک ترموالاستیسیته (قانون دوم ترمودینامیک، اصول تغییراتی مسایل ترموالاستیسیته مزدوج، مسایل مزدوج ترموالاستیسیته، تئوری یکتایی، تئوری Reciprocal)
- تنش های حرارتی در استوانه، تنش های حرارتی در کره توخالی، تنشهای حرارتی در ورق ها
-

مراجع:

1. Noda, Hetnarski, Tanigawa, "Thermal stresses", by, Taylor and Francis, 2003.
2. Hetnarski and Eslami, "Thermal stresses – Advanced theories and applications" Springer, 2009.
3. W. Nowacki, "Thermoelastisity", Pergamon Press, 2nd Edition, 1986.
4. D. Kovalenko, P. H. Adams, "Thermoelasticity, Basic Theory and Application", Wolters-Noordhoff, 1971.
5. S. Jiang, A. Racke, "Evolution Equations in Thermoelasticity", Chapman & Hall/CRC, 2000.
6. J. Ignaczak, M.O. Starzewski, "Thermoelasticity with Finite Wave Speeds", Oxford University Press, 2009.

نام درس : خزش ، خستگی و شکست **Creep, Fatigue and Fracture**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

خزش : مدل های ویسکوالاستیسیته، مراحل مختلف خزش ، تئوری های خزش در مراحل مختلف، شکست خزش، شکست مرزدانه، مطالعه خزش بر اساس مکانیک شکست، خزش چند بعدی.

خستگی : مفهوم خستگی، فلسفه های طراحی خستگی، جنبه های میکرو وماکروی خستگی فلزات، سطوح شکست خستگی، روش تنش-عمر،اثر تنش متوسط، رفتار چرخه ای فلزات، روش کرنش-عمر و پیش بینی عمر خستگی، روش LEFM و رشد ترک خستگی، پلاستیسیته نوک ترک، رشد ترکهای کوچک، بررسی اثر Notch در روشهای تنش-عمر کرنش-عمر و LEFM، خستگی چند محوره، روش صفحه بحرانی، بارگذاری متغیر، روشهای شمارش سیکلها، .

شکست : انواع شکست خطی و غیر خطی ، تنش اطراف ترک ، تغییر شکل پلاستیک در نوک ترک ، تحلیل شکست بااستفاده از مکانیک شکست خطی، تئوری گریفیت، روش انطباقی ، روش استفاده از میادین ترک ، اثر حرارتی در شکست ، مقاومت شکست ، کاربرد مباحث فوق در طراحی اجزاء.

مراجع:

1. Fundamentals of Fracture Mechanics; J.F.Knott, Butterworth and Co Publishers, October 1973.

2. Mechanical Behavior of Materials; F.A.McClintock and A.S.Argon, Ceramic Book and Literatura Service 19??.

3. Metal Fatigue in Engineering; R.I.Stephens, A.Fatemi, R.R.Stephens and H.O. Fuchs; John Wiley and Sons 2001.

نام درس : طراحی بهینه قطعات مکانیکی **Optimum Design of Mechanical Elements**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

معرفی بهینه سازی ، روش های کلی بهینه سازی بدون قید و مقید ، بهینه سازی خطی و روش سیمپلکس ، روش های بهینه سازی غیر خطی ، روش های حل عددی مسائل بهینه سازی ، کاربرد روش ها و بررسی همگرایی ، روش های بهینه سازی برای مسائل با متغیرهای گسسته ، بهینه سازی مسائل با توابع هدف متعدد ، مباحث پیشرفته در بهینه سازی .

انتظار می رود دانشجو با گذراندن این درس با نکات زیر آشنا شود : تهریف بهینه سازی در یک مسئله طراحی (مشخص نمودن تابع هدف ، قیود و ...) شناخت روش های مختلف بهینه سازی و موارد صحیح استفاده از آن ها ، شناخت روش های مختلف بهینه سازی در نرم افزارهای موجود و استفاده از آن ها ، توانایی نوشتن برنامه ای مستقل در بهینه سازی.

مراجع:

1. Engineering Optimization, Theory and Practice, S.Rao, John Wiley 2009.

2. Introduction to Optimum Design, Jasbir Arora, Academic Press 2011.

3. Numerical Optimization, J.Nocedal , S.J.Wright, Springer Verlag 2006.

نام درس: طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته Advanced CAD

تعداد واحد: ۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع واحد: انتخابی

سر فصل مطالب:

- مروری بر روش المان محدود
- معرفییک بسته نرم‌افزاری المان محدود مانند انسیس (ANSYS)، اباکوس (ABAQUS)یا ...
- معادلات حاکمه، معادلات متشکله، شرایط مرزی و روش مدلسازی و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار المان محدود برای هریک از سازه‌ها/مسائل زیر:
  - سازه‌های ترکیبی پوسته و تیر
  - مسائل تماس
  - مکانیک شکست
  - سازه‌های ساخته شده از مواد ناهمسانگرد و مرکب
  - مسائل کوپله و غیرکوپله ترموالاستیسیته
  - کمانش خطی و غیرخطی سازه‌ها
  - سازه‌های ساخته شده از مواد هایپر-الاستیک
  - مسائل الاستودینامیک
  - مسائل با تغییر فرم الاستوپلاستیک
  - مسائل اندرکنش سیال و سازه

مراجع:

1. Bower, A. F. (2009). Applied mechanics of solids. CRC press.
2. Madenci, E., & Guven, I. (2015). The finite element method and applications in engineering using ANSYS®. Springer.
3. ANSYS Help Document. ANSYS 15.0, 2013.

نام درس : پایداری سیستم های مکانیکی Stability of Mechanical Systems

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ----------

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

مفاهیم پایداری، انواع کمانش، مدل های پایداری مکانیکی، تحلیل انرژی سازه های پیوسته و روش های تقریبی، روابط تجربی و طراحی، کمانش الاستیک و غیر الاستیک ستون ها، کمانش دینامیکی، کمانش الاستیک قاب ها، کمانش تیر-ستون، تیر های پیوسته و قاب های صلب، کمانش تیرهای جدار نازک، کمانش پیچشی و کمانش پیچشی-خمشی، کمانش ورق ها، کمانش پوسته های استوانه ای، کمانش کلی پوسته ها، کمانش در اثر خزش، مسائل غیر کلاسیک در پایداری الاستیک

مراجع :

1. C. H. Yoo, S. C. Lee, Stability of Structures: Principles and Applications, Elsevier, Amsterdam, 2011.

2. S. P. Timoshenko, J. M. Gere, Theory of Elastic Stability, Dover Publications Inc., New York, 2009.

3. Z. Bazant, L. Cedolin, Stability of Structures: Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories, World Scientific Publishing Co., London, 2010.

4. G. J. Simitses, D. H. Hodges, Fundamentals of Structural Stability, Elsevier, Amsterdam, 2006.

5. C.M. Wang, C.Y. Wang, J.N. Reddy, Exact solutions for buckling of structural members, CRC Press, Florida, 2005.

نام درس: روش‌های بدون المان **Meshless Methods**

تعداد واحد: ۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع واحد: انتخابی

سر فصل مطالب:

- مقدمات

شبیه سازی عددی، فرم ضعیف و فرم قوی، روش‌های باقیمانده وزن‌دار، فرم ضعیف جهانی، فرم ضعیف محلی

- معرفی و تقسیم بندی انواع روش‌های بدون المان

تعریف روش‌های بدون المان، فرآیند حل مسأله در روش‌های بدون المان، دسته بندی روش‌های بدون المان از منظر فرمول بندی، نحوه تقریب توابع، و نوع دامنه

- ساخت توابع شکل در روش‌های بدون المان

روش‌های درون یابی نقطه‌ای (و نقطه‌ای شعاعی)، روش حداقل مربعات وزن‌دار، روش حداقل مربعات متحرک، توابع شکل هرمیتی

- روش‌های بدون المان مبتنی بر فرم ضعیف جهانی

روش بدون المان گالرکین (EFG)، روش بدون المان درون یابی نقطه‌ای شعاعی (RPIM)، روش‌های محاسبه انتگرال‌های دامنه‌ای، روش‌های ارضاء شرایط مرزی اساسی، فرمول‌بندی مسائل گذرا و دینامیکی و انتگرال‌گیری زمانی (نیومارک و کرنک نیکلسن)، ارائه فرم گسسته معادلات حاکم بر الاستیسیته ۲ و ۳ بعدی و انتقال حرارت هدایت ۲ و ۳ بعدی

- روش‌های بدون المان مبتنی بر فرم ضعیف محلی
- روش بدون المان پترف – گالرکین محلی (MLPG)، روش بدون المان درون‌یابی نقطه‌ای شعاعی محلی (LRPIM)
- روش‌های بدون المان مبتنی بر فرم قوی

معرفی انواع روش‌های ارضاء شرایط مرزی مشتقی، روش‌های کولوکیشن نقطه‌ای برای مسائل ۱ و ۲ بعدی، روش‌های کولوکیشن نقطه‌ای شعاعی برای تحلیل مسائل الاستو–استاتیک

مراجع:

- G. R. Liu, Y. T. Gu, An Introduction to Meshfree methods and Their Programming, Springer, 2005.
- G. R. Liu, Meshfree methods, Moving Beyond the Finite Element Method, 2nd edition, CRC Press, 2010.
- Y. Chen, J. Lee, A. Eskandarian, Meshless Methods in Solid Mechanics, Springer, 2006.
- M. Griebel, M. A. Schweitzer, Meshfree Methods for Partial Differential Equations, Springer, 2003.
- H. Li, S. S. Mulay, Meshless Methods and Their Numerical Properties, CRC Press, 2013.

نام درس : روشهای انرژی **Energy Methods**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

روشهای انرژی در مکانیک کاربردی یک روش سیستماتیک جهت ارائه معادلات استاتیکی و دینامیکی حاکم بر سیستمهای مکانیکی پیچیده می باشد. در این درس مفاهیم عمومی و اصول روش های انرژی در سیستم های مکانیکی واجسام تغییر فرم پذیر نظیر میله ها، تیر ها و ورق ها ارائه می شود. ضمن مروری بر مفاهیم اولیه اصول انرژی ، و آشنائی با روشهای حساب تغییراتی و روشهای حل تقریبی اقدام به استخراج معادلات حاکم برای مسائل استاتیکی و دینامیکی می گردد. با تعریف انرژی پتانسیل، نیروهای تعمیم یافته و اصول کار مجازی و اصل حداقل انرژی پتانسیل می توان معادلات تعادل استاتیکی را استخراج نمود. همچنین با استفاده از اصل هامیلتون معادلات حرکت در مسائل دینامیک ارائه میگردد. تحلیل پایداری با معیار های انرژی برای سیستم های پایستار و ناپایستار نیز در این درس مورد بررسی قرار می گیرد.

این درس برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی مهندسی مکانیک، عمران (سازه) و مهندسی هوافضا توصیه می گردد.

سر فصل مطالب:

۱- مقدمه
۲- روشهای حساب تغییراتی
۳- روشهای تقریبی
۴- اصول انرژی در الاستیسیته
۵- اصل هامیلتون
۶- تحلیل پایداری : معیارهای انرژی و روش های مبتنی بر انرژی
۷- مدلهای پایداری مکانیکی
۸- پایداری الاستیک : میله، تیر و ورق
۹- تحلیل پایداری سیستم های ناپایستار

مراجع:

1. Reddy, Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics, 2002.
2. Shames and Dym, Energy and Finite Element Methods in structural Mechanics, 1985.
3. Langhaar, Energy Methods in Applied Mechanics, 1962.
4. Simitses and Hodges, Fundamentals of Structural Stability, 2006.
5. Bolotin, Nonconservative Problems of the Theory of Elastic Stability, 1963.

نام درس: مکانیک برخورد **Impact Mechanics**

تعداد واحد:۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع درس: انتخابی

سرفصل مطالب :

۱-مقدمه‌ای بر پدیده برخورد و بارهای ضربه ای

۲- تحلیل برخورد در سرعت های پایین

۳-نظریه جسم صلب برای برخورد های هم راستا

۴-نظریه جسم صلب برای برخوردهای صفحه‌ای (دو بعدی)

۵- برخورد سه بعدی اجسام صلب زبر

۶- بررسی برخورد جسم صلب با در نظر گرفتن مدلگسسته انعطاف پذیری برای سطح تماس

۷- مدل سازی پیوسته برایتغییر فرم موضعی در نزیکیسطح تماس

۸- برخورد محوریدر اجسام انعطاف پذیر بلند و باریک

۹- انتشار امواج طولی و عرضیناشی از پدیده برخورد

۱۰- برخورد به مجموعه اجزاء صلب

۱۱- تصادف با سازه‌های انعطاف پذیر

مراجع:

1- Goldsmith, Impact, the theory and physical behavior of colliding solids, Edward Amold, London, 1960.
2- Stronge W.J., Impact Mechanics, Cambridge University Press, 2004.
3- Johnson W., Impact strength of materials, Edward Arnold, 1972.
4- Meyers M. A., Dynamic behaviour of materials, Wiley-Interscience; 1st edition 1994.
5- Kolsky H., Stress Waves in Solids Dover Books on Physics, Dover Publications, 2nd edition, 2012.
6- Jones N., Structural impact, Cambridge University Press, 2nd Edition, 2011.
7- Stronge W. J., Yu T., Dynamic Models for Structural Plasticity, Springer, Corrected edition, 1995.
8- Blazynski T. Z., Materials at high strain rate, Springer, 1987.

نام درس : مباحث پیشرفته در ریاضیات کاربردی (ریاضیات پیشرفته ۲)

Advanced Topics in Applied Mathematics

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ریاضیات پیشرفته ۱

نوع درس : الزامی دوره دکتری

سرفصل مطالب :

کاربردهایی از آنالیز مختلط مشمل بر : انتگرال وارون مختلط ، تبدیل مختلط فوریه و وارون آن ، اصل آوند ، قضیه روشه ، معیار نایکوئیست ، اصل اساسی جبر ، ادامه تحلیلی ، تئوری پتانسیل ، مسائل دیریشله و نویمن ، نگاشت همدیس و چند مثال ، مسائل دیریشله و نویمن برای دایره و نیم صفحه ، توابع گرین ، نگاشت شوارتز – کریستوفل ، نگاشت ژوکوفسکی ، کاربرد آنالیز مختلط در مطالعه جریان دوبعدی ایده آل ، مسائل دوبعدی در الاستیسیته خطی .

نگاهی به معادلات دیفرانسیل پاره ای مشتمل بر : معادلات شبه خطی رسته یک ، پیدایش ضربه ، مسئله ترافیک ، قضیه کوشی – کوالفسکی ، معادلات رسته دو ، تقلیل معادلات هذلولوی ، سهموی و بیضوی به فرم متعارف ، جدایی متغیرها در مختصات مختلف ، مرور معادلات دیفرانسیل عادی رسته دو و حل سری ، طبقه بندی تکینگی ها ، معادله پاپریتز و معادله فوق هندسی ، معادله دیفرانسیل فوق هندسی همریز و سری های مربوطه.

توابع خاص مشتمل بر : تابع گاما و دایگاما ، توابع بسل و نمایش انتگرالی آن ها ، روابط بازگشتی و روابط مشتق ، مسئله استورم لیوویل و تعامد توابع بسل ، توابع لژاندر.

مراجع :

1. Advanced Engineering Mathematics; C.R.Wylie, Mc-Graw Hill 1995
2. Advanced Calculus for Applications; F.B. Hildebrand, Prentice Hall 1976
3. Advanced Mathematics for Engineers; W.Kaplan, Techbooks 1981
4. Applied Complex variables; J.W.Dettman, Dover Publications 2010
5. Complex Variables and Applications; R.V.Churchill, Mc-Graw Hill 1995
6. Conformal Mappings; Z.Nehari, Dover Publications 2011
7. Introduction to Partial Differential Equations with Applications; E.C. Zachmanoglou and D.W.Thoe, Dover Publications 1997
8. Special Functions and their Applications; N.N.Lebedev, Dover Pub. 1972

نام درس : مکانیک محیطهای پیوسته ۲ **Continuum Mechanics 2**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : مکانیک پیوسته ۱ و آنالیز تانسوری

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

تانسورهای دو نقطه ای و تانسور تغییر فرم ، سینماتیک محیط پیوسته و تعمیم روابط برای دستگاه های مختصات منحنی الخط ، تانسور گرادیان نسبی تغییر فرم ، شرائط مجاز بر ناورداهای اصلی تانسورهای راست وچپ اتساع ، استخراج معادلات همسازی با استفاده از تانسور خمش ریمان - کریستوفل ، مولفه های فیزیکی تانسورهای پادوردا ، همووردا و مخلوط ، تانسورهای تنش ، پایستگی جرم ، تکانه خطی و زاویه ای ، پایستگی انرژی و نامساوی کلازیوس – دوهم در مختصات منحنی الخط محیط های دو پارامتری ، پایستگی تکانه زاویه ای و انرژی برای مواد قطبی ، شرائط جهش بر سطح گسستگی ، شرط جهش برای آنتروپی ، اصل جابجایی های مجازی ، فرمولبندی اصل دالامبر برای محیط پیوسته ، مشتق گتو یا فرشه ، قیود داخلی ، ویژگی های تقارن مادی ، طبقه بندی مواد ساده ، جسم جامد ایزوتروپیک ترموالاستیک ، تغییر فرمهای استاتیکی همگن و غیر همگن فراگیر ، تغییر فرمهای بزرگ فراگیر برای اجسام ترکم پذیر و تراکم ناپذیر ، خانواده های پنج گانه تغییر فرمهای استاتیکی فراگیر و مسئله اریکسن ، دستگاه مختصات همرفتی (Convected Coordinates) و تانسورهای تغییر فرم کوشی گرین در این دستگاه ، مشتقات زمانی عینی و نرخ های هموردایی و پادوردایی الدرید ، نرخ یامن ، نرخ گرین – مک اینیس ، تانسورهای ریولین – اریکسن ، معادلات متشکله کلی ، سیال ریولین - اریکسن ، مواد ترموالاستیک با قید داخلی ، مباحث برگزیده مشتمل بر : تئوری مخلوط و محیط پیوسته غیر موضعی.

مراجع :

Gurtin M.E., Fried E. and Anand L., *The Mechanics and Thermodynamics of Continua,* Camridge University Press 2010.

Haupt,P., *Continuum Mechanics and Theory of Materials,* Springer-Verlag, Berlin
Heidelberg 2nd edition 2002.

Aris, R., *Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Mechanics,* Dover Publications 1990.

Eringen, A.C., *Mechanics of Continua,* Kreiger Publication Co. 2nd edition 1980.

Fung, Y.C., *Foundations of Solid Mechanics,* Prentice-Hall Inc., 1965.

Green, A.E. and Zerna, W., *Theoretical Elasticity,* Dover Publications 2012.

Landau, L. and Lifschitz, E.L., *Mechanics of Continuum Media,* Butterworth-Hernemann
New York, 1976.

Malvern, L.E., *Introduction to Mechanics of a Continuous Medium,* Prentice-Hall Inc.
1977.

Sedov, L.I., *A Course in Continuum Mechanics (four volumes),* Wolters-Noordhoff
Publishing, Groningen, The Netherlands, 1972.

Segel, L.A., *Mathematics Applied to Continuum Mechanics,* SIAM, Classics in Applied Mathematics, 52 edition 2007.

Spencer, A.J.M., *Continuum Mechanics,* Dover Publications 2004.

Temam, R. and Miranville, A., *Mathematical Modeling in Continuum Mechanics,*
Cambridge University Press 2nd edition 2005.

Truesdell, C., *A First Course in Continuum Mechanics,* Academic Press, New York,
1977.

Truesdell, C. and Toupin, R.A., *The Classical Field Theories* in the *Handbuch der Physik*
Vol III/1 (ed. S.Flugge), Springer-Verlag, Berlin, 1960.

نام درس : تئوری ورق ها و پوسته ها **Theory of Plates and Shells**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

الف : ورق

تعریف ورق (غشاء ، ورق نازک ، ورق نسبتا نازک و ورق ضخیم) ، تئوری و رفتار غشاء ، تئوری و رفتار ورق های نازک با تغییر مکان کوچک ، تئوری و رفتار ورق های نازک با تغییر مکان بزرگ ، تئوری ورق های نسبتا ضخیم ، تئوری ورق های ضخیم ، ورق های دایره ای شکل ، ورق های غیر مستطیلی و غیر مدور ، حل عددی معادلات ورق ها ، موضوعات پیشرفته در ورق ها.

ب : پوسته ها

پوسته های نازک ، اشکال مختلف پوسته ها ، تئوری غشایی پوسته های نازک با محور تقارن با بار متقارن و غیر متقارن ، پوسته های استوانه ای ، مخروطی ، کروی و اشکال دیگر ، تئوری خمشی پوسته ها ، تئوری خمشی پوسته های استوانه ای ، مخروطی و کروی ، موضوعات پیشرفته در پوسته ها ، المان های محدود در ورق و پوسته .

انتظار می رود دانشجو با گذراندن این درس با نکات زیر آشنا شود: شناخت کامل ورق ها و پوسته ها ، شناخت و تحلیل رفتار غشاء ، ورق های نازک ، نیمه نازک و ضخیم و استفاده از هر کدام در شرایط مختلف با بکارگیری دستگاههای دکارتی ، قطبی و تحت شرایط مرزی مختلف از نظر هندسی و نیرو ، تحلیل خطی و غیر خطی و استفاده مناسب از آن ها ، رفتار پوسته های متقارن و غیر متقارن ، حل و تحلیل مخازن تحت نیروهای مختلف ، شناخت و استفاده صحیح از المان های موجود در نرم افزارهایABAQUS, ANSYS, NASTRAN

مراجع:

1. Theory of Plates and Shells, S.Timoshenko, Mc.Graw Hill 1964.

2. Thin Plates and Shells (Theory, Analysis and Application), Eduard Ventsel, Theodor Krauthammer, Marcel Dekker Inc. 2001.

3. Theories and Applications of Plate Analysis, R.Szilarad, John Wiley and Sons 2004.

نام درس: روش اجزای مرزی **Boundary Element Method**

تعداد واحد: ۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: ندارد

نوع واحد: انتخابی

سر فصل مطالب:

- معرفی روش اجزای مرزی
- مفاهیم اساسی
- معادله پواسون: راه حل‌های تقریبی
- روش‌های باقیمانده‌های وزن‌دار
- فرمولبندی ضعیف
- معادله انتگرال مرزی
- انواع اجزای مرزی: خطی، غیر پیوسته، درجه دو و مرتبه بالاتر
- مسائل پتانسیل دو بعدی
- روش اجزای مرزی برای مسائل سه بعدی
- مسائل چند ناحیه‌ای
- انتگرالهای دامنه‌ای (روش تقابل دوگانه، روش انتگرال‌گیری شعاعی، روش تبدیل کارتزین)
- برنامه نویسی برای روش اجزای مرزی
- مسائل الاستواستاتیک
- مسائل ترموالاستیک
- کوپل روشهای المان محدود و اجزای مرزی با یکدیگر

مراجع:

Wu, T. W. (Ed.). (2000). Boundary element acoustics: Fundamentals and computer codes (Vol. 7). Wit Pr/Computational Mechanics.

Beer, G. (2000). Programming the boundary element method. John Wiley & Sons, Inc..

Aliabadi, M. H. (2002). The boundary element method. Volume 2, Applications in solids and structures. Wiley.

Gaul, L., Kögl, M., & Wagner, M. (2013). Boundary element methods for engineers and scientists: an introductory course with advanced topics. Springer Science & Business Media.

نام درس : آنالیز تانسوری **Tensor Analysis**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ریاضیات پیشرفته ۱

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

تاریخچه و مقدمه ، تبدیل دستگاههای مختصات ، قراردادهای جمع ، بردارها و تانسورهای پادوردا و هموردا ، تانسورهای مخلوط ، جبر تانسوری ، دستورالعمل خارج قسمت ، تانسورهای نسبی ، تانسور متریک و المان خطی ، فضای ریمانی ، مرور مفاهیم پایه در حساب تغییرات ، خطوط ژئودزیک و نمادهای کریستوفل ، مشتق تانسورها ، انحنای فضا ، دستگاههای مختصات خاص ، انحراف ژئودزیکی ، خمش ریمانی ، انتشار موازی ، فضای تخت ، تانسورهای دکارتی ، مولفه های فیزیکی تانسورها ، تعبیر هندسی بردارهای پادوردا و هموردا ، معنای مشتق هموردایی ، هندسه منحنی های فضایی ، روابط فرنه ، هندسه رویه در فضای سه بعدی ، خمش ژئودزیکی ، عمود بر رویه ، فرم های اساسی اول و دوم رویه ، روابط ونگارتن و فرم اساسی سوم ، معادلات گوس و کدازی ، منحنی های واقع بر رویه ، کاربردهایی از فرمالیزم تانسوری ، اصل حد اقل عمل و دینامیک هندسی ، دستگاه های مختصات مادی و مشتق همرفتی.

مراجع:

1. Tensor Calculus; J.L.Synge and A.Schield, Dover Publications 1978. Chapters 1 to 4.

2. Tensor Analysis; Theory and Applications to Geometry and Mechanics of Continua;
I.S.Sokolnikoff, Krieger Pub. Co. 1990 Chapters 2 to 4.

نام درس : روشهای تغییراتی در مکانیک جامدات

Variational Methods in Solid Mechanics

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- مقدمه ای برحساب تغییرات

توابع و ابرتوابع ، مینیمم و ماکزیمم ها ، معرفی بعضی ازمسائل پایه تغییراتی، بدست آوردن معادله اویلر، علائم تغییراتی، شرایط مرزی، مسائل تغییراتی تحت قید

۲- اصول تغییراتی در الاستیسیته

مقدمه ای بر الاستیسیته، کارمجازی، کارمجازی مکمل، اصل مجموع انرژی پتانسیل، اصل مجموع انرژی پتانسیل مکمل، اصل Reisner ، قضایای کاسیتگلیانو ، کابلها، میله ها، شفتها، تیرها ، غشاها و صفحات

۳- دینامیک تحلیلی

درجات آزادی، مختصات تعمیم یافته، اصل همیلتون، اصل همیلتون تعمیم یافته، معادلات لاگرانژ، سیستمهای دینامیکی مقید، ضرایب لاگرانژ ، ارتعاشات آزاد و اجباری سیستم های پیوسته، مسائل مقدار ویژه

۴- روشهای تقریبی تغییراتی

کسررایلی، روش رایلی، روش رایلی ، روش کانترویچ ، روش گالرکین

۵- الاستیسیته غیرخطی

غیرخطی بودن هندسی و مادی ، مجموع انرژی پتانسیل، تئوری صفحه فن- کارمن

۶- پایداری الاستیک

پایداری ستونها و صفحات، روشهای تقریبی

۷- روش اجزاء محدود با استفاده از روش تغییراتی

تقسیم دامنه ، درون یابی المان محدود، معادلات المانی، سرهم بندی معادلات

مراجع

1-Dym C.L. and Shames I.H, *Solid Mechanics, A Variational Approach,* Springer, 2013

2-Reddy J.N.,, *Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics,* John-Wiley & sons, 2002

3- Hildebrand F, *Method of Applied Mathematics*, , Prentice-Hall, 1965

4- Washizu K., *Variational methods in elasticity and plasticity*, Elsevier, 1982
5- Reddy, J.N., *Applied functional analysis and variational methods in engineering*, McGraw-Hill, 1986
6- Lancoz C., *Variational principles of mathematics*, University of Toronto Press,1970

نام درس: مکانیک محیط های دانه‌ای **Mechanics of Granular Media**

تعداد واحد:۳

برنامه: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع درس: انتخابی

سرفصل مطالب :

۱-انواع محیط‌های دانه‌ای اهمیت و کاربردها

الف- جریان گرانشی: تخلیه سیلو، جریان روی سطح شیبدار، استوانه دوّار، آسیب ساچمه ای

ب- جریان سیالی شده:

ب-۱- سیالی شده توسط ارتعاشات: صیقل دهنده ارتعاشی، الک ارتعاشی

ب-۲- سیالی شده توسط جریان هوا: راکتور های شیمیایی، مخلوط کن ها

۲-خصوصیات جریان های دانه‌ای:چگالی، سختی، میرایی، بازگشت، اصطکاک، نیروی برخورد، سرعت برخورد، سرعت جریان

۳-مقدمه ای بر مکانیک تماس و برخورد: روابط نیرو-جابجائی

الف- مدلهای خطی: مدل فنر-میراکننده خطی

ب- مدلهای الاستیک و الاستو-پلاستیک غیر خطی: هرتز، هرتز-میندلین، ترنتن

۴- روشهای تجربی مطالعه محیط‌های دانه‌ای:

روشهای نوری، ضبط ویدئو با سرعت بالا، پروب فیبر نوری، پروب جابجائی لیزری، ام ار ای، روشهای سرعت سنجی و پردازش تصویر، ذرات مغناطیسی

۵-روشهای عددی مطالعه محیط‌های دانه‌ای:

الف - روش اجزا گسسته

ب - روش ترکیبی اجزا گسسته-محدود برای دانه‌های انعطاف پذیر

۶-مدل سازی پیوسته محیط‌های دانه‌ای

الف - مدلهای الاستو-پلاستیک

ب - مدلهای ویسکو-پلاستیک

پ- روشهای حل: اجزا محدود، اختلاف محدود

۷-مطالعات موردی با ارجاع به مقالات:

الف - سرعت جریان و برخورد قرص های متحرک در استوانه دوار در فرایند پوسش دهی قرص‌ها در صنایع داروسازی

ب - کاربرد مدل های پیوسته برای حل تخلیه سیلو و استوانه های دوار حامل محیط دانه‌ای

پ - جریان های دانه‌ای سیالی شده توسط ارتعاشات: اندازه‌گیری سرعت جریان و برخورد دانه‌ها و مقایسه با مدل اجزا گسسته و مدل پیوسته

مراجع:

1- Wu A., Sun Y., Granular Dynamic Theory and Its Applications, First ed., Metallurgical Industry Press, Beijing and Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, 2008.
2- MunjizaA., The combined finite-discrete element method, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, England, 2004.
3- Sun Q., Wang G., Mechanics of granular matter, Southampton, WIT Press/Science Press, c2013.
4- Rao K. K., Nott P. R., An introduction to granular flow, Cambridge-New York, Cambridge University Press, 2008.
5- Wu C. Y.,Discrete element modelling of particulate media,Cambridge, RSC Publishing, c2012.
6- Hill, J. M., Selvadurai,A. P. S., Mathematics and Mechanics of Granular Materials, New York, Springer 2011.
7- Drew D. A., Joseph D. D., Passman S. L., Particulate flows: processing and rheology, New York, Springer, c1998.

نام درس : آئروالاستیسیته Aeroelasticity

تعداد واحد : ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سر فصل مطالب :

آئروالاستیسیته دانش بررسی بر هم کنش نیروهای آیرودینامیکی ، دینامیکی و الاستیک سازه های انعطاف پذیر می باشد. با داشتن دانش اولیه از هر کدام از سه موضوع دینامیک، الاسیتیسیته و آیرو دینامیک، دانشجو قادر خواهد بود تا به طور همزمان مباحث فوق و اثرات تلفیقی آن ها را بررسی کند. در این درس ضمن مروری بر مفاهیم اولیه، روشهای بدست آوردن معادلات استاتیکی و دینامیکی سیستم های آئروالاستیک را ارائه می گردد. همچنین مباحث مربوط به یافتن مرزهای ناپایداری استاتیکی (نظیر واگرائی و معکوس شدن اثرات سطوح کنترلی) ، دینامیکی (نظیر فلاتر) و پاسخ های زمانمند سیستم آئروالاستیک تحت اثر نیروهای خارجی مورد بررسی قرار می گیرند. این درس برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی مهندسی مکانیک، عمران (سازه) و مهندسی هوافضا توصیه می گردد

۱. مقدمه
۲. معادلات آئروالاستیک استاتیکی
۳. معادلات آئروالاستیک دینامیکی
۴. مدل های بارگذاری آئروالاستیک
۵. روش های حل معادلات
۶. ناپایداری استاتیکی
۷. ناپایداری دینامیکی
۸. پاسخ های زمانمند مقاطع آئروالاستیک تحت اثرات تندبادها
۹. معرفی روش های تجربی

مراجع :

Dowell, E.H., et al, *A Modern Course in Aeroelasticity*, Fifthh Edition, Kluwer Academic Publishers, 2015.

Hodges, D.H. and Pierce, G. A., *Introduction to structural Dynamics and Aeroelasticity*, Second Edition, Cambridge University Press, 2011.

نام درس : آنالیز تابعی کاربردی Applied Functional Analysis

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ریاضیات پیشرفته ۱ یا جبر خطی

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

نظریه فضاهای نرمدار و معرفی نرمهای مختلف : نرم سوپریمم – نرم L_2- نرم لبگ – نرم سوبولف
تبدیلهای خطی پیوسته و کراندار فضاهای باناخ فضای سوبولف بسته بودن چگال بودن و جداپذیری
نظریه فضاهای ضرب داخلی تعامد و عملگر تصویر عمودی فضاهای هیلبرت قضایای تصویر و بهترین
تقریب و قضیه سری فوریه در فضاهای هیلبرت عملگرها و فانکشنالهای خطی بر فضاهای هیلبرت
قضیه نمایش Riesz عملگرهای الحاقی متقارن مثبت و مثبت معین فضاهای سوبولف و مفهوم حل
تعمیم یافته توابع تعمیم یافته و مشتقات تعمیم یافته (نظریه توزیع) فضای انرژی و فرمولبندی
ضعیف (تغییراتی) مفاهیم اساسی در حساب تغییرات شرائط مرزی اساسی و طبیعی شرائط مرزی
غیر همگن مسائل تغییراتی با قیود تساوی ضرائب لاگرانژ روش تابع جریمه وجود و منحصر به فرد
بودن حل مسائل مهندسی شرائط حل پذیری معادلات خطی جبری و اپراتوری قضیه نگاشت انقباضی
مسائل شرط مرزی تغییراتی قضیه Lax – Milgram

مرجع:

Applied Functional Analysis and Variational Methods in Engineering.
J.N.Reddy, McGraw- Hill 1987

نام درس : محاسبات عددی پیشرفته **Advanced Numerical Methods**

تعداد واحد : ۳ واحد

دوره : کارشناسی ارشد

پیشنیاز: ندارد

نوع درس : انتخابی

سر فصل مطالب :

نرم بردارها و ماتریسها ، قضیه باناخ ،حل عددی معادلات خطی : (الف)الگوریتم روش حذفی گوس

(ب) الگوریتم روش تفکیک LU (ج) الگوریتم معکوس سازی یک ماتریس

بررسی رتبه و تعداد محاسبات الگوریتمهای بالا

تعریف عدد شرط یک ماتریس و آنالیز خطاها در روش حذفی گوس

اثر تعویض سطرها و ستونها در کاهش خطاهای روش حذفی گوس

روش تصیح باقیماندها در همگرایی جوابهای معادلات خطی

بررسی سیستمهای سه قطری

- حل عددی معادلات غیرخطی
- بررسی الگوریتمهای روشهای Newton`s ,Regula falsi, bisectionوchord
- آنالیز همگرایی و قضایای مربوط به آن ، تعریف همگرایی خطی و مربعی
- روش نیوتن برای حل دستگاه معادلات غیر خطی
- تقریب توابع ، تعریف نرمهای توابع ، درون یابی چند جمله ای ، ضرایب لاگرانژ ، چند جمله ای چبیشف
- درون یابی چند جمله ای تکه تکه ، قضایای مربوط به مطالب بالا

مشتق گیری عددی ، بهترین تقریب ، در نرم ۲، درحالت کلی و در فضای توابع

- کمترین مربعات گسسته

انتگرال گیری عددی ، روش سیمسون ، روش گوس و قضایای مربوطه

درون یابی هموار با استفاده از چند جمله ای تکه تکه ، درون یابی با استفاده از اسپلاین درجه ۳

- روشهای عددی برای مسائل با شرایط ابتدایی
- روش رانج کوتا ، روش کولوکیشن
- بررسی پایداری تخمین عددی
- معادلات دیفرانسیل stiff
- بررسی پایداری روش صریح و ضمنی اویلر، بررسی روش ذوزنقه ای و پایداری آن
- بررسی رابطه مشتق گیری رو به عقب
- روش کولوکیشن در دو نقطه گوس

حل معادلات دیفرانسیل معمولی مرزی ، حل معادلات دیفرانسیل پاره ای با شرایط مرزی

- روش تفاضل محدود و مسائل دیفیوژن

مراجع:

Numerical Linear Algebra, by Lloyd N. Trefethen, David Bau, III, SIAM, 1997, ISBN 0898713617, 9780898713619

Numerical Computing with MATLAB, Revised Reprint, by Cleve Moler Society for Industrial & Applied Mathematics (2012), ISBN-10: 8120346815, ISBN-13: 978-8120346819

Numerical Linear Algebra with Applications: Using MATLAB, by William Ford, Academic Press; 1 edition (September 16, 2014) ISBN-10: 012394435X, ISBN-13: 978-0123944351

Lecture notes on ELEMENTARY NUMERICAL METHODS, by Eusebius Doedel, 2015, CONCORDIA UNIVERSITY, Department of Computer Science and Software Engineering

نام درس : کنترل خودکار پیشرفته **Advanced Automatic Control**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : کنترل اتوماتیک (درس کارشناسی)

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- مروری سریع بر کنترل کلاسیک ارائه شده در دوره کارشناسی (یک جلسه). مقایسه کنترل کلاسیک با کنترل مدرن و مشخص کردن امتیازات کنترل مدرن.

۲- بررسی کنترل سیستمها در فضای حالت: تعریف حالت، متغیرهای حالت و فضای حالت؛ ارائه سیستمها در فضای حالت؛ معادلات دیفرانسیل مرتبه اول سیستم؛ ارائه سیستم خطی درجه n که تابع ورودی دارای مشتقات تا درجه m باشد در فضای حالت؛ معرفی ماتریس انتقال؛ ارائه تعاریف کنترل‌پذیری و مشاهده‌پذیری؛ تبدیل سیستم به حالت قطری؛ ارائه فرم‌های کانونی کنترل‌پذیری و مشاهده‌پذیری.

۳- طراحی کنترلر برای سیستم‌های خطی بر اساس فضای حالت.

۴- طراحی مشاهده‌گر برای سیستم‌های خطی بر اساس فضای حالت در دو فرم Full-order and Reduced-order.

۵- بررسی سیستمهای خطی چند ورودی و چند خروجی: معرفی سیستم چند ورودی و چند خروجی و دیاگرام جعبه‌ای کلی آن- بدست آوردن تابع تبدیل کلی- ارائه معادلات دیفرانسیل سیستم.

۶- کنترل سیستمها با روش نمونه‌گیری از داده‌ها (Sample- Data Control Systems): بررسی نمونه‌گیرها؛ مرتب کردن داده‌های نمونه‌گیری شده؛ تئوری تبدیل Z و کاربرد آن در نمونه‌گیری از داده‌ها؛ تبدیل برعکس Z؛ حل معادلات دیفرانسیل در تبدیل Z؛ بررسی پایداری سیستم در صفحه Z.

۷- مشاهده‌گر بهینه، فیلتر کالمن.

۸- بررسی پایداری سیستمها بر اساس تئوری لیاپانوف.

۹- انجام پروژه در مورد مطالب ارائه شده

مراجع :

1- Ogata, K., "Modern Control Engineering", Prentice Hall; 5th edition, Sept. 2009.

2- Friedland, B.,"Control System Design: An Introduction to State-Space Methods", McGraw-Hill, Pub. Co., NewYork, 1986.

3- Slotine, J.-J., and Li, W.,"Applied Nonlinear Control", Prentice Hall, 1991.

نام درس : دینامیک غیرخطی و آشوب **Nonlinear Dynamics and Chaos**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

مقدمه و آشنایی، دینامیک در فضای حالت، فضای فازی و جریانهاییک بعدی و دوبعدی، نقاط تعادل، خطی سازی و پایداری، دوشاخگی و انواع آن، دوشاخگی چنگالی، سیستمهای پایستار و میرا، مدار متناوب و چرخه حدی، مقطع پوانکاره و پایداری چرخه حدی، جاذب های غریب، جریان سه بعدی و آشوب، جهان شمولی آشوب، اعداد فایگنبام، مسیرهای آشوب: تضاعف دوره تناوب- رفتار شبه متناوب-...، نگاشتهاییک بعدی، توانهای لیاپونوف، برخالها(فراکتالها) و آشوب، مثالهای کاربردی و مطالعات موردی آشوب: نگاشت لاجستیک، مدل لورنز، ربات دوپا، چرخدنده ها، شناسایی مدارهای متناوب ناپایدار، مقدمه ای بر کنترل آشوب

مراجع:

Hilborn, Robert C. *Chaos and nonlinear dynamics: an introduction for scientists and engineers*. Oxford University press, 2000.

Strogatz, Steven H. *Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. Westview press, 2014.

Ott, Edward. *Chaos in dynamical systems*. Cambridge University press, 2002.

Alligood, K. T., Sauer, T. D., Yorke, J. A., & Crawford, J. D. *Chaos: An introduction to dynamical systems*. Physics Today, 2008.

Kapitaniak, Tomasz. *Chaos for engineers: theory, applications, and control*. Springer Science & Business Media, 2012.

Thompson, John Michael Tutill, and H. Bruce Stewart. *Nonlinear dynamics and chaos*. John Wiley & Sons, 2002.

نام درس : ارتعاشات سیستم های پیوسته **Vibration of Continuous Systems**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- مقدمه: مفاهیم و اصطلاحات.

۲- استخراج معادلات: دیدگاه تغییراتی، حساب تغییرات، عملگر تغییرات، تابعک با مشتقات مراتب بالاتر، تابعک با متغیرهای مستقل متعدد، روش های تغییراتی در مکانیک جامدات، اصل کمینه انرژی پتانسیل، کاربرد اصل همیلتون.

۳- شیوه حل: مقدار ویژه و دیدگاه تحلیل مودالی، حل معادلات همگن، شیوه جداسازی متغیرها، دسته بندی مسائل Strum-Liouville، خصوصیات مقادیر ویژه و توابع ویژه، حل معادلات ناهمگن، جواب اجباری سیستم های میرای لزج.

۴- ارتعاش عرضی تیرها: معادلات ارتعاش آزاد، پاسخ ارتعاش آزاد مربوط به شرایط اولیه، ارتعاش اجباری، قضیه Rayleigh، قضیه Timoshenko، ارتعاش حلقه های دایره های و تیرهای خمیده، معادلات حرکت یک حلقه دایره ای، ارتعاشات خمشی درون صفحه ای حلقه ها، ارتعاشات تیر خمیده با انحنای متغیر.

۵-ارتعاشات عرضی ورق ها : معادله حرکت ورق کلاسیک، ارتعاشات آزاد تیرهای مستطیلی، ارتعاشات اجباری تیرهای مستطیلی، ورق های دایره ای، ارتعاشات آزاد ورق های دایره ای، ارتعاشات اجباری ورق های دایره ای.

۶- ارتعاشات پوسته ها: معرفی و مختصات پوسته ها، قضیه سطح ها، فاصله بین نقاط در سطح میانی قبل از تغییر فرم، فاصله بین نقاط در هر جای ضخامت پوسته قبل از تغییر فرم، روابط کرنش-جابجایی، تقریب هایLove، روابط کرنش-تنش، برآیند نیرو و ممان، انرژی کرنشی، انرژی جنبشی، کار انجام شده توسط نیروهای خارجی، معادله های حرکت مستخرج از اصل همیلتون، پوسته های دایره ای استوانه ای، معادلات حرکت پوسته های مخروطی و کروی.

۷- انتشـار امواج الاسـتیک: معادله موج یک بعدی، حل موج منتقل شونده، حرکت موج در ریسمان، بازتاب و انتقال موج ها در سـطح دو ماده السـتیک، موج های خمشی در تیرها، انتشار موج در محیط الاستیک نامتناهی.

۸- تخمین روش هـای تحلیلی: بهره Rayleigh، روش Rayleigh، روش Rayleigh–Ritz، روش مدهای مفروض، روش Galerkin، روش باهم گذاری، روش زیر دامنه، روش کمینه کردن مجذورات.

مراجع:

Rao, Singiresu S., Vibration of continuous systems. John Wiley & Sons, 2007.

Hagedorn, P., DasGupta, A., Vibrations and Waves in Continuous Mechanical Systems, Wiley, 1996.

Leissa, Arthur W.,Qatu,Mohamad S., Vibration of continuous systems. McGraw-Hill, 2011.

Brommundt, E., Vibrations of Continuous Systems: Theory and Applications. Springer, 1969.

Anthony, N., Hou, L., Liu, D., Stability of dynamical systems: continuous, discontinuous, and discrete systems. Springer Science & Business Media, 2007.

Shabana, Ahmed A., Theory of vibration: Volume II: discrete and continuous systems. Springer US, 1991.

Teodorescu, Petre P., Mechanical Systems, Classical Models: Mechanic of Discrete and Continuous Systems. Springer, 2009.

نام درس : ارتعاشات غیرخطی **Nonlinear Vibrations**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- مرور ارتعاشات خطی.

۲- جنبه های ریاضی : توجیه روش اختلالات جزئی، وجود سری های اختلالات جزئی، وجود نوسانات ترکیبی، وجود چرخه های حدی، معادله Van Der Pol، معیار پوآنکاره برای پایداری اربیتالی.

۳- ارتعاشات غیرخطی سیستم های نامیرا با نیروهای بازگرداننده غیرخطی: مثال ها، انتگرال گیری از معادلات حاکمه غیرخطی، توضیح هندسی منحنی های انرژی در صفحه فازی.

۴- نوسانات آزاد با میرایی و هندسه منحنی های انتگرالی: تعبیر منحنی های انتگرالی، مطالعه نقاط تکینگی، کاربرد تکینگی ها.

۵- نوسانات اجباری سیستم ها با نیروی بازگرداننده غیرخطی: روش Duffing، پدیده جهش، روش اختلالات جزئی، پاسخ مادون هارمونیک، روش Rauscher، تن های ترکیبی، پایداری.

۶- نوسانات خود نگهدار: نوسانات آزاد، مثال های مکانیکی و الکتریکی، حالت خاص معادله Van Der Pol، نوسانات اجباری، روش Van Der Pol، روش Andronow و Witt، منحنی های پاسخ، پایداری، پاسخ غیرهولونومیک.

۷- معادله Hill: مسائل مکـانیکی و الکتریکـی، قضـیه Floquet، پایـداری معادلـه Hill و معادلـه Mathieu، پایداری معادله Duffing.

مراجع:

- Stoker, James Johnston. Nonlinear vibrations in mechanical and electrical systems. Vol. 2. New York: Interscience Publishers, 1950.
- Hashemi Kachapi, Seyed Habibollah, Domairry Ganji, Davood. Dynamics and Vibrations: Progress in Nonlinear Analysis. Springer Netherlands, 2014.
- Nayfeh, Ali H., and Dean T. Mook. Nonlinear oscillations. John Wiley & Sons, 2008.
- Mickens, Ronald E. Truly nonlinear oscillations: harmonic balance, parameter expansions, iteration, and averaging methods. World Scientific, 2010.
- Fidlin, Alexander. Nonlinear oscillations in mechanical engineering. Springer, 2005.
- Urabe, Minoru. Nonlinear autonomous oscillations: Analytical theory. Vol. 34. New York: Academic Press, 1967.
- Manevich, Arkadiy I., and Leonid Isaakovich Manevich. The Mechanics of Nonlinear Systems with Internal Resonances. London: Imperial College Press, 2005.

نام درس : آنالیز مودال **Modal Analysis**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ----------

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- مقدمه:

مقدمه ای بر آنالیز مودال، تست مودال و کاربرد آنالیز مودال

۲- تئوری پایه ارتعاشات:

مفاهیم اساسی ارتعاشات، ارتعاش آزاد و ارتعاش ناشی از تحریک هماهنگ در سیستم یک درجه آزادی، ارتعاش آزادواجباری سیستم چند درجه آزادی، ارتعاشات سیستم های ممتد

۳- آنالیز مودال سیستم یک درجه آزادی:

تابع پاسخ فرکانسی سیستم هاییک درجه آزادی، نمایش های مختلف تابع پاسخ فرکانسی، خواص تابع پاسخ

۴- آنالیز مودال سیستم های چند درجه آزادی نامیرا:

خاصیت تعامد و مودهای نرمال، توابع پاسخ فرکانسی سیستم چند درجه آزادی نامیرا، مودهای نرمال شده با جرم ومدل مودال یک سیستم چند درجه آزادی نامیرا، پاسخ هماهنگ یک سیستم چند درجه آزادی نامیرا،

۵- آنالیز مودال سیستم های چند درجه آزادی میرا:

مدلهای میرایی تناسبی، مدل میرایی ویسکوز غیر تناسبی، مدلمیرایی سازه ای غیر تناسبی، مدل مودال یک سیستم چند درجه آزادی میرا، توابعپاسخ فرکانسی، پاسخ زمانی سیستم چند درجه آزادی میرا

۶- روشهای آنالیز مودال در حوزه فرکانسی:

تشخیص مودهای ارتعاشی از داده هایFRF ، استخراج اطلاعات مودال از داده هایFRF به کمک روشهای یک درجه آزادی، استخراج اطلاعات مودال از داده هایFRF به کمک روش های چند درجه آزادی

مراجع :

1- Z. F. Fu, J. He, "Modal Analysis", Butterworth Heinemann, 2nd Edition, 2001.

2- D. J. Ewins, "Modal Testing: Theory and Practice", Research Studies Press, 1984.
3- D. J. Ewins , "Modal Testing: Theory, Practice and Application", Wiley, 2nd Edition, 2001.
4- N. M. M. Maia, "Theoretical and Experimental Modal Analysis", Research Studies Press, 1997.
5- G. Conciauro, M. Guglielmi, R. Sorrentino, "Advanced Modal Analysis", Wiley, 2000.
6- C. W. de Silva, "Vibration: Fundamentals and Practice", CRC Press, 1999.

نام درس : رباتیک: مدلسازی[سینماتیک و دینامیک] و کنترل [کلاسیک (صنعتی)]

Robotics: Modeling [Kinematics and Dynamics] and [Classic (Industrial)]Control

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب:

۱- مقدمه جهت آشنایی و شناخت انواع رباتها، صنعت رباتیک و کاربردهای آنها در صنایع مختلف (صنایع اتومبیل‌سازی، صنایع اتمی، صنایع الکترونیک، صنایع پزشکی و غیره).

۲- آشنایی با انواع رباتهای سری (Serial Robots) شامل رباتهای استوانه‌ای (Cylindrical Robots) رباتهای کروی(Spherical Robots)، رباتهای قائم (Cartesian Robots) و غیره با مفاصل کشوئی(Prismatic)یا لولائی(Revolute) و یا ترکیبی از هر دو.

۳- آشنایی با تعاریف و اصطلاحات مورد نیاز در رباتیک شامل ماتریسهای انتقال همگن، فضای کاری، فضای مفاصل و غیره.

۴- مطالعه و تجزیه و تحلیل معادلات سینماتیکی رباتهای سری شامل سینماتیک (موقعیت، سرعت و شتاب) مستقیم (Forward Kinematics) و سینماتیک (موقعیت، سرعت و شتاب) معکوس(InverseKinematics).

۵- مطالعه و بررسی دینامیک مستقیم و معکوس (Forward and Inverse Dynamics)رباتهای سری به روشهای نیوتنی و لاگرانژی. بررسی خصوصیات ماتریس اینرسی و ترمهای دیگر مدل دینامیکی رباتهای سری.

۶-آشنایی مقدماتی با برنامه‌ریزی مسیر (Path and Trajectory Planning)رباتها.

۷- مطالعه و بررسی کنترل PD و PID رباتهای سری

۸- پروژه‌های کوچک در زمینه‌ی محاسبه سینماتیک مستقیم و معکوس رباتها، محاسبه دینامیک مستقیم و معکوس رباتها، طراحی مسیر رباتها و کنترل کلاسیک آنها.

مراجع:

1- Sciavicco L. and Siciliano B., "Modeling and Control of Robot Manipulators", McGraw-Hill Pub. Co., 1996.

2- Paul, R. P., "Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control", MIT Press, 1982.

3- Craig J. J., "Introduction to Robotics, Mechanics & Control" Addison Wesley Pub. Co., 1986.

نام درس : کنترل غیرخطی **Nonlinear Control**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ---

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

معرفی سیستم‌های غیرخطی، خصوصیات سیستم‌های غیرخطی، نقطه تعادل، سیکل حدی، آنالیز سیستم‌های خطی و غیرخطی در صفحه فاز، معرفی تابع تشریحی و کاربرد آنها در تحلیل سیستم‌های غیرخطی، تعاریف مختلف از مفهوم پایداری، پایداری محلی و عمومی، روش مستقیم لیاپانوف در تحلیل سیستم‌های غیرخطی، روش‌های مختلف تولید تابع لیاپانوف، طراحی کنترلر غیرخطی بر مبنای قضایای لیاپانوف، طراحی کنترلر برای سیستم‌های غیرخطی بر اساس وجود یک مدل مرجع، خطی‌سازی سیستم‌های غیرخطی حول نقطه تعادل و یا نقاط کاری، کنترل‌کننده خطی برای مدل خطی شده، روش زمان‌بندی بهره و پیاده‌سازی کنترل‌کننده بر روی سیستم غیرخطی در نقاط کاری، طراحی کنترلر برای فرم کنترل‌پذیر کانونی از سیستم کنترلی غیرخطی، روش‌های خطی‌سازی ورودی- حالت، روش‌های خطی‌سازی ورودی- خروجی، دینامیک داخلی، قوانین کنترلی برای خطی- سازی ورودی- حالت، فرم نرمال سیستم کنترلی غیرخطی، دینامیک صفر، پایداری محلی و عمومی سیستم کنترلی غیرخطی، طراحی کنترلر غیرخطی با رویکرد گام به عقب برای سیستم‌های رسته یک، تعمیم این نوع کنترلرها برای سیستم‌های با رسته بالاتر، اثر وجود دینامیک داخلی و صفر در طراحی کنترلر غیرخطی با رویکرد گام به عقب، معرفی سیستم‌های با ساختار متغیر، سطوح لغزش، کنترلر غیرخطی مود لغزشی برای سیستم‌های با یک ورودی، تقریب پیوسته برای سوییچ قوانین کنترلی، تعمیم کنترلر غیرخطی مود لغزشی برای سیستم‌های با بیش از یک ورودی

مراجع :

Applied Nonlinear Control; J. Slotine and W. Li, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1991.

Nonlinear Systems; H. Khalil, 3rd Edition, Prentice Hall Inc, Newjersy, 2001.

Nonlinear Control Systems; A. Isidori, 3rd Edition, Springer Verlag, 1995.

نام درس : کنترل ربات **Selected Topics in Robot Control**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : رباتیک

نوع درس : انتخابی

سرفصل دروس:

۱- یادآوری مدلسازی رباتها و خصوصیات مدل دینامیکی رباتها شامل خواص ماتریس اینرسی و ترمهای دیگر.

۲- کنترل نقطه به نقطه (Point to point or regulation) و تعقیب مسیر(Trajectory tracking) رباتها.

۳- کنترل ربات در فضایمفاصل رباتها شامل کنترلهایPD، PID، Inverse dynamics، Lyapunov based control، Passivity based control، Robust، Adaptive و غیره.

۴- کنترل ربات در Task space.

۵- کنترل نیرو در رباتها شامل کنترل موازی، هایبرید و امپدانس.

۶- کنترل رباتها با در نظر گرفتن قابلیت انعطاف در مفاصل (Joint Flexibility)، پایه(Compliance) و لینکها (Link Flexibility).

۷- کنترل مقدماتی رباتهای متحرک (Mobile robots).

۸- بحث و بررسی حس‌کننده‌های رباتیکی(Robotic Sensors).

۹- پروژه‌های کوچک در این زمینه‌ها.

۱۰- بحث و بررسی تحقیقات جدید در زمینه‌های مختلف رباتیک.

مراجع:

Canudas de Wit C., Siciliano B. and Bastin G. (Editors), "Theory of Robot Control", Springer-Verlag, 1996.

Lewis F. L., AbdallahC. T. and Dawson D. M. "Control of Robot Manipulators", Macmillan Pub. Co., 1993.

نام درس : کنترل بهینه **Optimal Control**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

تاریخچه، مفهوم کنترل بهینه و کاربردها، انواع مسائل کنترل بهینه و فرمول بندی آنها، برنامه ریزی پویا، اصل بهینگی، بازنویسی یک مسأله کنترل بهینه به فرم برنامه‌ریزی پویا، روشهای برگشتی در برنامه ریزی پویا، رابطه همیلتون-جاکوبی-بلمن، حساب تغییرات وکاربرد آن در مساله کنترل بهینه، تنظیم کننده های خطی و مسأله LQR، حل معادله ریکاتی، کنترل بهینه در سیستم‌های زمان گسسته، مسألهLQRو LQT زمان-گسسته، اصل حداقل Pontryagin، مساله کنترل بهینه با قیود نامساویهای حالت، دنبال کننده های بهینه، مسأله LQTبهینه زمان-محدود و زمان-نامحدود، روشهای عددی در محاسبه کنترل بهینه و مسیرهای بهینه، شبیه سازی و حل مسائل کنترل بهینه به کمک کامپیوتر

مراجع :

1. Kirk, D. E., Optimal Control Theory - An Introduction, Dover Publications 2004

2. Lewis, F.L. and V.L. Syrmos, Optimal Control, 3rd edition, Wiley 2012

3. Geering, Hans P., Optimal control with engineering applications. Berlin: Springer, 2007.

4. Naidu, D. Subbaram. Optimal control systems. Vol. 2. CRC press, 2002.

5. Hull, David G. *Optimal control theory for applications*. Springer, 2003.

نام درس : سیستم های کنترل چندمتغیره Multivariable Control Systems

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- طراحی بازخورد تک حلقه: بررسی طراحی بازخورد مقدماتی، شکل کلی جواب، روش های طراحی، محدودیت های در عملکرد.

۲- مقدمه ای بر سیستم های چند متغیره: فرم اسمیت-مک میلان یک ماتریس تابع تبدیل، قطب ها و صفر ها، توصیف ماتریس کسری متعارف (MFD)، فضای حالت، پایداری داخلی، معیار پایداری نایکوئیست، پایداری تعمیم یافته.

۳- عملکرد مقاوم سیستم های بازخورد چند متغیره: گین های اصلی (مقادیر تکین)، رابطه ی حلقه بسته و حلقه باز، جایگاه مشخصه، محدودیت های عملکرد، سیگنال های آماری، نرم های عملگر، بیان های عدم عقطعیت، پایداری مقاوم.

۴- طراحی چند متغیره: بستن حلقه متوالی، روش جایگاه مشخصه، نرمال سازی فریم معکوس، روش نایکوئیست-آرایه، تسلط آرایه های قطری، نظریه بازخورد کمی.

۵- کاستن مدل مرتبه: برش و مانده سازی، اجرای متوازن، تقریب نرم هنکل بهینه، کاهش مرتبه مدل های ناپایدار.

مراجع:

- Maciejowski, Jan Marian. "Multivariable feedback design." Electronic Systems Engineering Series, Wokingham, England: Addison-Wesley,| c1989 1 (1989).
- Skogestad, S., and I. Postlethwaite. "Multivariable feedback control: design and analysis." John Wiley & Sons Ltd, Chichester (2005).
- Khaki-Sedigh, Ali, and BijanMoaveni. Control configuration selection for multivariable plants. Vol. 391. Springer, 2009.

- Bryant, Greyham F., and Lam-Fat Yeung. Multivariable control system design techniques. Wiley, 1996.
- Patel, Rajnikant V., and Neil Munro. Multivariable system theory and design. Pergamon Press Reprint, 1982.

نام درس : کنترل مقاوم **Robust Control**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

عـدم قطعیت : ریشه ها و انواع عدم قطعیت (uncertainty) موجود در سیستم های دینامیکی

پارامتریک، عدم قطعیت دینامیکی، مدلسازی عدم قطعیت

کاربرد کنترل مقاوم: کاربرد های صنعتی و تحقیقاتی کنترل مقاوم

محدودیت های کارآیی: سیستم هاییک ورودی و یک خروجی، سیستم های چند ورودی و چند خروجی

ابزار های بررسی میزان مقاوم بودن: پایداری مقاوم، کارآیی مقاوم

نحوه بیان مشخصات کارآیی در حوزه فرکانسی:H_2 و H_∞

قضیه بهره کوچک (small gain theorem)

فرمولبندی مسئله تحلیل کنترلر مقاوم بر اساس نامعادلات ماتریسی خطی (linear matrix inequality)

طراحی کنترلر مقاوم بر اساس نامعادلات ماتریسی خطی

آنالیزμ

طراحیμ

مراجع:

1. *"Multivariable Feedback Control – Analysis and Design"*, 2nd edition, S. Skogestad and I. Postlethwaite, Wiley, 2005.
2. *"Control System Design"*, G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Prentice-Hall, 2001.
3. *"Control Theory – Multivariable and Nonlinear Methods"*, T. Glad and L. Ljung, Taylor & Francis, 2000.
4. *"Essentials in Robust Control"*, K. Zhou, Prentice Hall, 1998.
5. *"Robust Control-The Parametric Approach"*, Bhattacharya, Apellat, Keel, Prentice Hall, 2000.
6. *"Robust Process Control"*,Morari, Manfred; Zafiriou, Evanghelos, Prentice Hall, 1989.

نام درس : کنترل تطبیقی **Adaptive Control**

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- معرفی کنترل تطبیقی: مقایسه کنترل تطبیقی با کنترل بازخورد متعارف، رویه های کنترل تطبیقی پایه.

۲- شناسایی: مسئله شناسایی، ساختار شناساگر، معادله خطی خطا و الگوریتم شناسایی، الگوریتم های گرادیانی، الگوریتم های کمینه مجذورات، پایداری شناساگر، تحریک ماندگار و همگرایی نمایی، شناساگرهای مدل مرجع، معادله خطایSPR، شرایط دامنه فرکانسی برای متغیرها.

۳- کنترل تطبیقی:مسائل کنترل تطبیقی مدل مرجع، ساختار کنترلر، رویه های کنترل تطبیقی، کنترل تطبیقی مستقیمبا خطای ورودی، کنترل تطبیقی مستقیم با خطای خروجی، کنترل تطبیقی غیرمستقیم، جایابی قطب ها، مسئله پایداری در کنترل تطبیقی، تحلیل سیستم های کنترل تطبیقی مدل مرجع، همگرایی نمایی متغیر.

۴- الگوریتم های گرادیانی بر اساس مدل خطی: الگوریتم گرادیانی با تابع هزینه لحظه ای، الگوریتم گرادیانی با تابع هزینه انتگرالی.

۵- الگوریتم های کمینه مجذورات: الگوریتم بازگشتیLS با عامل فراموشی، الگوریتم LS خالص، الگوریتم های تصحیح شده LS، تصویر متغیر.

۶- رویه MRAC ساده: مثال های اسکالر، تنظیم تطبیقی، MRACمستقیم بدون نرمال سازی، MRAC غیرمستقیم بدون نرمال سازی، MRAC مستقیم با نرمال سازی، MRAC غیرمستقیم با نرمال سازی، حالت برداری: اندازه گیری تمام وضعیت ها.

۷- جایابی قطب کنترل تطبیقی با زمان پیوسته: رویه هایAPPC ساده: بدون نرمال سالزی، مثال اسکالر: تنظیم تطبیقی، تعقیب تطبیقی.

مراجع:

- Ioannou, P., Fidan, B., Adaptive Control Tutorial (Advances in Design and Control). SIAM, 2006.
- Sastry, S., Bodson M., Adaptive control: stability, convergence and robustness, 1989.
- Kokotovic, PV., Kanellakopoulos, I., Morse, A., Foundations of adaptive control. USA: Springer-Verlag, 1991.
- Åström, Karl J., Wittenmark, B., Adaptive control. Courier Corporation, 2013.
- Landau, I., Adaptive control: algorithms, analysis and applications. Springer Science & Business Media, 2011.
- Wookjin, S., You, K., Adaptive precision geolocation algorithm with multiple model uncertainties. INTECH Open Access Publisher, 2009.

نام درس : کنترل فازی

Fuzzy Control

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل درس:

۱- مقدمه و آشنایی اولیه با نظریه فازی و کاربردهای مختلف آن

۲-مجموعه‌های فازی و عملگرهای تعریفی بر روی مجموعه‌های فازی، روابط فازی و اصل گسترش

۳- متغیرهای زبانی و قواعد فازی

۴-اجزای سیستم‌های فازی (فازی‌ساز، پایگاه قوانین، موتور استنتاجفازی و فازی‌زدا)

۵- طراحی فازی سیستم و شناسایی و تقریب فرایندها و سیستم‌های غیرخطی بر اساس داده‌های ورودی و خروجی به کمک منطق فازی، شناسایی فازی سیستم‌ها بر اساس الگوریتم‌های گرادیان نزولی و کمترین مربعات

۶- کنترل سیستم‌های خطی تک‌ورودی- تک‌خروجی و چندورودی- چندخروجی بر اساس منطق فازی، طراحی کنترل‌کننده‌های فازیPI، PDو PIDبر اساس سعی و خطا

۷- کنترل فازی سیستم‌های غیرخطی بر اساس حضور ناظر، روش زمان‌بندی بهره بر اساس منطق فازیبه منظور طراحی کنترل‌کننده غیرخطی

۸- طراحی کنترل‌کننده‌های فازی غیرخطی مود لغزشی، طراحی کنترل‌کننده‌های فازی تطبیقی

۹- معرفی مدل تی-اس-کی برای طراحی فازی سیستم‌ها، طراحی کنترل‌کننده بر اساس مدل تی-اس-کی

مراجع:

- L. X. Wang, "A Course in Fuzzy Systems and Control", Prentice Hall Press, 1999.
- G. Chen, T. T. Pham, "Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems", CRC Press, 2000.
- M. Margaliot, G. Langholz,"New approaches to fuzzy modeling and control: design and analysis" World Scientific Press, 2000.
- H. J. Zimermann, "Fuzzy Set Theory and it's Applications" Springer, 2001.

نام درس : کنترل فرآیند های اتفاقی Stochastic Control

تعدادواحد:۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : -

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- مرور اجمالی احتمال و متغیر های تصادفی: سیگنال تصادفی و متغیر تصادفی، تابع احتمال تصادفی مشترک و شرطی، امید ریاضی، میانگین ها، متغیر های تصادفی نرمال یا گاوسی، متغیر تصادفی مشترک پیوسته، همبستگی، کوواریانس، تعامد، تبدیل متغیر های تصادفی، هم گرایی، برآورد گر نا اریب.

۲- فرآیند تصادفی: مفهوم، توصیف احتمالییک فرآیند تصادفی، فرآیند تصادفی گاوسی، دسته بندی فرآیند ها، تابع خود همبستگی، تابع همبستگی دوگانه، تابع چگالی طیفی توان، نویز سفید، فرآیند های گاوس-مارکوف، فرآیند حرکت براونی، محاسبه تابع خود همبستگی از داده های تجربی.

۳- مدل سازی فضای حالت: آنالیز ایستا (حالت دائمی)، نویز سفید خالص و سیستم های باند محدود، فیلتر شکل دهنده، آنالیز غیر ایستا (گذرا)، توصیف برداری فرآیند های تصادفی، شبیه سازی مونت کارلو فرآیند های گسسته در زمان.

۴- فیلتر کالمن گسسته: مقدمه ای بر فرآیند های بازگشتی، تکمیل کردن بردار حالت، سیستم های چند وردی-چند خروجی، شبیه سازی مونت کارلو گاوسی، فیلتر اطلاعات، قانون تعامد، مسائل واگرا، آنالیز خطای زیر بهینه، زیر بهینه سازی کاهش مرتبه یافته، فیلتر ریشه، پایداری فیلتر کالمن.

۵- مباحث بیشتر در فیلتر کالمن: طبقه بندی مسائل هموار سازی، فیلتر کالمن وفقی، فیلتر کالمن غیر متمرکز، خط سازی، فیلتر نمونه برداری بیزی، فیلتر کامل توسعه یافته، فیلتر کالمن بدون ادراک، فیلتر ذره.

مراجع:

- Brown, Robert Grover, and Patrick YC Hwang. Introduction to random signals and applied Kalman filtering: with MATLAB exercises and solutions, 4th Edition, by Brown, Robert Grover.; Hwang, Patrick YC New York: Wiley, c2012.
- Lewis, Frank L., and F. L. Lewis. Optimal estimation: with an introduction to stochastic control theory second edition. New York et al.: Wiley, 2008.
- Lewis, Frank L., LihuaXie, and Dan Popa. Optimal and robust estimation: with an introduction to stochastic control theory. Vol. 29. CRC press, 2007.
- Bertsekas, Dimitri P. Dynamic Programming and Optimal Control, Volume I. 3rd ed. Athena Scientific, 2005
- Dynamic Programming and Optimal Control, Volume II: Approximate Dynamic Programming. 4th ed. Athena Scientific, 2012.
- Catlin, Donald E. Estimation, control, and the discrete Kalman filter. Vol. 71. Springer Science & Business Media, 2012.
- Zarchan, Paul, and Howard Musoff. Progress In Astronautics and Aeronautics: Fundamentals of Kalman Filtering: A Practical Approach. Vol. 208. AIAA, 2005.

نام درس : بیومکانیک اسکلتی عضلانی Biomechanics of musculoskeletal system

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اجباری

سرفصل مطالب :

۱- مقدمه: تعریف بیومکانیک سیستم اسکلتی عضلانی، جهات و حرکت ها، انواع مفاصل و مشخصات آها،

۲- مدلسازی اسکلتی: مدل های اسکلتی، استخراج داده های سینماتیکی و نیرو، تحلیل سینماتیک و دینامیک، مسائل دینامیک معکوس

۳- تحلیل راه رفتن: چرخه راه رفتن، ویژگی های اولیه، ویژگی های سینماتیکی و سینتیکی

۴- مکانیک بافت: معادله مشخصه، ویژگی های ویسکوالاستیک، ساختار و خواص بافت های همبند

۵- تاندون و لیگامان: ساختار، خواص مکانیکی، رفتاربیومکانیکی، صدمات

۶- استخوان: ساختار، خواص مکانیکی، رفتار بیومکانیکی، نوسازی، صدمات

۷- غضروف مفصلی: ساختار، خواص مکانیکی، رفتار بیومکانیکی، ساز و کارهای روانکاری، صدمات

۸- عضله: ساختار و کارکرد، انواع کار و انقباض عضلانی، عوامل موثر بر تولید نیروی عضلانی، مدلسازی عضله

۹- مدلسازی اسکلتی عضلانی: مدل های اسکلتی- عضلانی، معادلات حرکت، روش های بهینه سازی

مراجع :

1. Benno M. Nigg and Walter Herzog, *Biomechanics of the musculoskeletal system*, 3rd ed., wiley, 2007.

2. Delleman N, Haslegrave C, Chaffin D, *Occupational Biomechanics*, 4th ed., Wiley & Sons, 2006.

3. Stokes, I.A.F., Blanchi, J.P., *Three-Dimensional Analysis of Human Movement*, Allard, P., Human kinetics Pub., Champaign, II, 1995

4. Selected papers

نام درس : رباتیک پزشکی **Medical Robotics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

سرفصل مطالب :

۱- مقدمات ریاضی و اصول کار ربات ها، سینماتیک مستقیم و معکوس

۲- مروری بر دینامیک حرکت ربات های سری

۳- کنترل موقعیت، کنترل نرمی و کنترل نیرو در ربات ها

۴-مروری بر سامانه های توانبخشی رباتیک: سامانه های رباتیک تماسی و غیر تماسی برای فیزیکال تراپی، وسایل کمکی رباتیک، ارتزهای رباتیک، پروتزهای رباتیک

۵- اصول طراحی ربات های توانبخشی: تحلیل، طراحی و اجرای حرکت، تعاملات انسان-ربات، بازخورد سنسوری و کنترل حرکت

۶- مروری بر سامانه های جراحی رباتیک: ابزارهای جراحی رباتیک و هوشمند، سامانه های ناوبری جراحی، سامانه های رباتیکی افزایش قابلیت و دستیار جراح، سامانه های رباتیکی جراحی از راه دور

۷-اصول طراحی ربات های جراحی: تحلیل، طراحی و اجرای حرکت، مکانیزم هایRCM، بازخوردهای لمسی در جراحی رباتیک

مراجع :

1- Rosen J., Hannaforf B., Satava R.M., *Surgical robotics: Systems Application and Visions*, Springer, 2011,

2- S. H. Baik, *Robot Surgery*, Intech, 2011.

3- S. S. Kommu, *Rehabilitation Robotics*, I-Tech Education and Publishing, Vienna, 2007.

4- Bozovic V., *Medical Robotics*, Intech, 2008.

نام درس : مدلسازی و تحلیل حرکات بدن

Analysis and modeling of human movements

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

سرفصل مطالب :

۱- اهمیت مدلسازی و تحلیل حرکات بدن
۲- روش های اندازه گیری داده های سینماتیکی و سینتیکی
۳- تحلیل سینماتیک حرکات بدن
۴- تحلیل دینامیک معکوس حرکات بدن
۵- تحلیل دینامیک مستقیم حرکات بدن
۶- مساله طراحی حرکت به روش بهینه سازی و قیود آن
۷- بهینه سازی استاتیکی حرکات بدن
۸- بهینه سازی دینامیکی حرکات بدن و روش کنترل بهینه

مراجع :

1. Bartlett Roger, *Introduction to Sport Biomechanics*, Routledge, 2nd ed., 2007.

2. Zatsiorsky Veladimir M, *Kinematics of Human Motion*, Human Kinetics, 1998.

3. Allard, P., Stokes, I.A.F., Blanchi, J.P. *Three-Dimensional Analysis of Human Movement*, Human kinetics Pub., Champaign, II, 1995

4. Selected papers

نام درس : کنترل سیستم های بیولوژیکی **Control of Biological Systems**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

قسمت ۱: معرفی معادلات دیفرانسیلخطی و غیرخطی، تبدیل لاپلاس، بیان مدل در فرم فضای حالت، سیستم‌های بیولوژیک (زیستی) خطی و غیرخطی، کنترل با پسخوراند، روش‌های کنترل خطی، کنترل بهینه، روش‌های کنترل غیرخطی، کنترل تطبیقی، کنترل مقاوم.

قسمت ۲: معرفی بیومکانیک، بیولوژی، بیوشیمی و داروشناسی (دارو رسانی)، آنالیز مدل‌های بیولوژیک (زیستی) و پزشکی، کاربردهای روش‌های کنترل تطبیقی و مقاوم در سیستم‌های بیو-پزشکی و بیولوژیک، آنالیز حساسیت و مقاومت روش‌های کنترلی.

قسمت ۳: کنترل‌های پیشنهاد شده برای سیستم‌های اسکلتی-عضلانی، کنترل بیماری‌ها در بدن موجود زنده، کنترل دارورسانی (مقدار مصرف دارو)، کنترل و درمان سرطان، کنترل رشد تومور سرطانی، کنترل عملکرد عفونت HIV و بهبود آن، کنترل شیوع بیماری‌های واگیردار در درون جامعه، کنترل شیوع بیماری آنفلوانزا، کنترل شیوع بیماری ابولا.

قسمت ۴: برنامه نویسی و شبیه‌سازی سیستم‌های کنترلی معرفی شده برای مدل‌های بیولوژیک (زیستی) و پزشکی با استفاده از نرم افزارهایی چون Matlab و Simulink .

مراجع :

1. Carlo Cosentino and Declan Bates, *Feedback Control in Systems Biology*, CRC Press, 2011.
2. Joseph J. DiStefano, *Dynamic Systems Biology Modeling and Simulation*, Elsevier Science, 2015.
3. Ledzewicz, U., Schättler, H., Friedman, A., & Kashdan, E., *Mathematical Methods and Models in Biomedicine*, Springer Science & Business Media, 2012.
4. Jean-Jacques E. Slotine and Weiping Li, *Applied nonlinear control*, Prentice Hall, 1991.
5. Heinz Schättler and Urszula Ledzewicz, *Optimal Control for Mathematical Models of Cancer Therapies*, Springer, 2015.
6. Margareta Nordin and Victor Hirsch Frankel, *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

نام درس : بیومکانیک شغلی **Occupational Biomechanics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

سرفصل مطالب :

۱- تاریخچه بیومکانیک

۲- بیومواد بافت های نرم

۳- آنتروپومتری و کابرد آمار در بیومکانیک شغلی

۴- تجهیزات و لوازم آزمایشگاهی برای سنجش توانمندی های انسان

۵- مدل های بیومکانیکی مفاصل کمر، زانو، مچ دست و شانه

۶- ارزیابی محیط کار و تشخیص فاکتورهای ریسک برای عوارض عضلانی- عصبی-اسکلتی

۷- توصیه های ارگونومی برای انجام فعالیت وزنه برداری

۸- اثر ارتعاشات بر عملکرد بدن و عوارض ناشی از ان

۹- طراحی ابزار کار به ویژه ابزارهای دستی

مراجع :

1. Chaffin DB. , Anderson G.B.J. and Martin B.J., *Occupational Biomechanics*, Wiley-Interscience, 4th ed., 2006.

2. Johnston A.T.J., *Biomechanics and exercise Physiology: Quantitative Modeling*, Wiley & Sons, 2nd ed., 2007.

3. Selected papers

نام درس: طراحی تجهیزات پزشکی و ایمپلنت ها

Design of Medical Devices and Implants

تعداد واحد: ۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع درس: انتخابی

سرفصل مطالب:

الف: اصول طراحی ایمپلنت

موارد و نیازهای بالینی، اصول طراحی ایمپلنت ها، تجهیزات دائمی و قابل جذب، ارگانهای از بین رفته و جایگزینی آنها، معیارهای انتخاب مواد، مهندسی بافت (سازه ای-داربستی، سلولی، تنظیمی).

ب: پارامترهای طراحی

مشخصات فنی طراحی، مروری بر زیست-مواد، زیست سازگاری (مبتنی بر آثار موضعی و سیستماتیک؛ ترمیمی و انقباضی)، اتصال وانطباق خواص بافت، اشکالات و خرابی (خوردگی، سایش)

ج: نمونه های طراحی کاربردی

ترمیم غضروف بصورت داربستی، ایمپلنت های استخوانی، ایمپلنت ها در جراحی پلاستیک، پروتزهای سیستم قلبی عروقی شامل دریچه های قلب و رگهای مصنوعی. وسایل بازتولید عصب، بافتهای نرم اسکلتی عضلانی، مینیسک، دیسک مهره ها ستون فقرات، ایمپلنت های دندانی، نخاع و تجهیزات مورد استفاده برای قلب و ریه.

مرجع:

Yannas, I. V. *Tissue and Organ Regeneration in Adults*. New York, NY: Springer, 2001.

Mitchell, L. Shannon, and Laura E. Niklason. *Requirements for Growing Tissue-Engineered Vascular Grafts,* Cardiovascular Pathology 12 (2003): 59-64.

Niklason, L. E., J. Gao, W. M. Abbot, K. K. Hirschi, S. Houser, R. Marini, and R. Langer, *Functional Arteries Grown in Vitro,* Science 284 (April 16, 1999): 489-493.

Schoen, Frederick J., and Robert J. Levy., *Tissue Heart Valves: Current Challenges and Future Research Perspectives*, Founder's Award, 25th Annual Meeting of the Society for Biomaterials, Providence, RI, April 28-May 2, 1999.

Rabkin, Elena, and Frederick J. Schoen.,*Cardiovascular Tissue Engineering,* Cardiovascular Pathology II (2002): 305-317.

Langer, Robert, and Joseph P. Vacanti., *Tissue Engineering,* Science, New Series 260, No. 5110 (May 14, 1993): 920-926.

Yannas, I. V., Burke, J. F., Orgill, D. P., &Skrabut, E. M.,*Wound Tissue Can Utilize a Polymeric Template to Synthesize a Functional Extension of Skin,* Science, New Series 215,No. 4529 (January 8, 1982): 174-176.

نام درس: سینماتیک و دینامیک رباتهای زیست-پایه

Kinematics and Dynamics of Bio-inspired Robots

تعداد واحد: ۳

دوره: تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز: -

نوع درس: انتخابی

سرفصل مطالب:

الف: پیکربندی و سینماتیک

انواع اتصالها و لینکها، معرفی فضای پیکربندی، مروری بر جبر ماتریسی و گروههای لی، اجسام صلب در SE(2)، بیان سرعت در SE(2)، معرفی سرعتهای بدنی و فضایی.

ب: سیستمها و رباتهای بند بند

معرفی سیستمها و رباتهای بند بند، سیستمها پایه ثابت، سیستمها و رباتهای بند بند پایه متحرک، معرفی چارچوبهای بدنی تعمیم یافته، ژاکوبین

ج: مکانیک لوکوموشن

اساس سینماتیک لوکوموشن (، تقارن، قیود غیرهولونومیک)، لوکوموشن کل جسم (قیود Pfaffian، و هم بردارها)، میدان بردار ارتباط، پیکربندی ریسمان کلاف، گونه های لوکوموشن، لوکوموشن در سیال، گیت های حرکتی لوکوموشن، قواعد تولید گیت حرکتی، مفاهیم وحدت (در حرکت لوکوموشن)، کارایی گیت حرکتی و بهینه سازی گیت، برنامه ریزی حرکت بر مبنای فضای شکلی ربات، مباحث منتخب در کنترل گیت حرکتی ربات.

مراجع:

1. Ross L. Hatton and Howie Choset, *An Introduction to Geometric Mechanics and Differential Geometry,* 2011.
2. Choset, Howie M., *Principles of robot motion: theory, algorithms, and implementation*. MIT press, 2005.
3. Shammas, E. *Generalized Motion Planning for Underactuated Mechanical systems.* Ph.D. thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, (2006).
4. Ostrowski, J. P. *The Mechanics and Control of Undulatory Robotic Locomotion*. Ph.D. thesis, California Institute of Technology, (1995).

نام درس : مبانی مهندسی پزشکی **Fundamentals of Biomedical Engineering**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

قسمت اول: تاریخچه و چشم انداز مهندسی پزشکی، مسائل اخلاقی و معنوی در حوزه مهندسی پزشکی، معرفی آناتومی و فیزیولوژی بدن انسان، مقدمه‌ای بر بیومکانیک، مهندسی توان‌بخشی و تکنولوژی کمک‌رسانی، مقدمه‌ای بر بیومواد، مهندسی بافت، ابزارهای مورد استفاده (بیواینسترومنت) و حسگرهای زیست-پزشکی، تحلیل سیگنال‌های زیستی، پدیده‌های بیوالکتریکی، مدلسازی فیزیولوژیکی، ژنومیک و بیوانفورماتیک، زیست‌شناسی سلولی، تصویربرداری تشعشعی (تابشی)، تصویربرداری پزشکی، لیزر و اُپتیک در پزشکی.

قسمت دوم: عضلات و حرکت، بیومکانیک اسکلتی-عضلانی، سینماتیک و سینتیک بدن، کار مکانیکی، انرژی و توان، راه‌رفتن (لوکوموشن) بر روی زمین، الکترومیوگرافی، سینرجی و همکاریهای بیومکانیکی در حرکات مختلف، بیومکانیک سلولی، همودینامیک، سیستم گردش خون، سیستم بینایی، بیومکانیک چشم، سیستم تنفسی.

مراجع :

1. Enderle, John Denis, and Joseph D. Bronzino, *Introduction to Biomedical Engineering*, Second Edition, Elsevier Academic Press, 2005.
2. C. Ross Ethier and Craig A. Simmons, *Introductory Biomechanics from Cells to Organisms*, Cambridge University Press, 2007.
3. David A. Winter, *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, 2009.

نام درس : مدلسازی و شبیه سازی سیستم های بیولوژیکی **Modeling and Simulation of Biological Systems**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

قسمت ۱: معرفی معادلات دیفرانسیلی و تغییراتی در حالتهای خطی و غیرخطی، تبدیل لاپلاس، بیان مدل در فرم فضای حالت، مقدمه‌ای بر جبر خطی، احتمالات، سیستم‌های معین و تصادفی، فرایندهای زمان-پیوسته و زمان-گسسته، سیستم‌های خطی و غیرخطی.

قسمت ۲: معرفی بیومکانیک، بیولوژی، بیوشیمی و داروشناسی (دارو رسانی)، طراحی و آنالیز مدل‌های بیولوژیک (زیستی)، روش‌ها و ابزارهای محاسباتی برای شناسایی پارامترهای مدل، آنالیز حساسیت، تخمین پارامترهای مدل بر اساس اطلاعات واقعی بدست آمده، امکان تعیین و ساده‌سازی مدل، طراحی و بهینه سازی آزمایشات بیولوژیک.

قسمت ۳: مدلسازی سیستم‌های اسکلتی-عضلانی، مدلسازی عملکرد بیماری‌ها در بدن موجود زنده، مدلسازی و درمان سرطان، مدل‌های ریاضی رشد تومور سرطانی، مدلسازی عملکرد عفونت HIV و بهبود آن، مدلسازی شیوع بیماری‌های واگیردار در درون جامعه، مدل‌های شیوع بیماری آنفلوانزا، مدل‌های شیوع بیماری ابولا، مدل‌های ریاضی سیکل سلولی، دینامیک عروق خونی.

قسمت ۴: برنامه نویسی و شبیه‌سازی مدل‌های بیولوژیک (زیستی) و پزشکی با استفاده از نرم افزارهایی چون Matlab و Simulink .

مراجع :

1. Joseph J. DiStefano, *Dynamic Systems Biology Modeling and Simulation*, Elsevier Science, 2015.
2. Ledzewicz, U., Schättler, H., Friedman, A., & Kashdan, E., *Mathematical Methods and Models in Biomedicine*, Springer Science & Business Media, 2012.
3. S. Sitharama Iyengar, *Computer Modeling and Simulations of Complex Biological Systems*, 2nd Edition, CRC Press, 1997.
4. Leah Edelstein-Keshet, *Mathematical Models in Biology*, SIAM, 1988.
5. Margareta Nordin and Victor Hirsch Frankel, *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

نام درس:مبانی سیستم‌های هوشمند در کنترل Intelligent Systems and Control

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ---

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

مقدمه‌ای بر سیستم‌های هوشمند، معرفی شبکه‌های عصبی مصنوعی، مقایسه یادگیری در ماشین و انسان، آشنایی با بازشناسی الگو و معرفی روش‌های آن، مدلسازی ریاضی نرون و توابع تحریک، مدلسازییادگیری در شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی چندلایه، شبکه‌های عصبی چندلایه بازگشتی، شبکه‌های عصبی هوشمند به عنوان تقریب‌گرهای عمومی، مدلسازی و شناسایی سیستم‌ها، کاربرد شبکه‌های عصبی در کنترل هوشمند سیستم‌ها، کنترلرهای هوشمند کلاسیک، مقدمه‌ای بر کنترلرهای عصبی- فازی هوشمند، کنترلرهای هوشمند نوین مبتنی بر یادگیری تقویتی، مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی، دسته‌بندی انواع مسائل بهینه‌سازی، آشنایی با روش-های بهینه‌سازی اکتشافی الهام‌گرفته از طبیعت، کاربرد الگوریتم‌های بهینه‌سازی اکتشافی در سیستم‌های کنترل

مراجع :

1- R. Beal, T. Jackson, *Neural Computing: An Introduction*, Institute of Physics Publishing, 1998.
2- R. J. Schalkoff, *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*, McGraw-Hill 1990
3- B. Yegnanarayana, *Artificial Neural Networks*, Prentice-Hall, 1999.
4- R. L. Haupt, S. E. Haupt, *Practical Genetic Algorithms*, John Wily & Sons, 1998.
5- D. Corne, M. Dorigo, *New Ideas in Optimization*, McGraw-Hill, 1999.
6- M. Gen, R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley and Sons, Inc., 2000.

نام درس : بیومکانیک استخوان و صدمات استخوانی **Biomechanics of Bone and Bone Injuries**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱. خواص و عملکرد بیومکانیکی استخوان
۲. خواص مکانیکی انواع بافتهای استخوانی و مکانیسمهای استخوان سازی
۳. بررسی مکانیسمهای بازسازی استخوان در زمانهای مختلف
۴. انواع شکست و مکانیسمهای شکست استخوان
۵. واکنش استخوان در برابر نیرو، حرارت و جریانهای الکتریکی و مغناطیسی
۶. تئوری الاستیسیته تطبیقی
۷. تئوریهای مختلف بازسازی استخوان
۸. پدیده استخوان خواری و تمرکز تنش در استخوانها
۹. اثرات نیرو بر روی ناحیه سر استخوان فمور و پروتز آن

مراجع :

1. Cowin, Stephen C., "*Bone mechanics handbook*", CRC Press, 2001.
2. Lowet, Geert, (Ed.), "*Bone research in biomechanics*." Vol. 40. IOS Press, 1997.

نام درس : ابزار دقیق در سیستمهای زیستی **Instrumentation in Bio Systems**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱. مقدمه ای بر اندازه گیری
۲. مفاهیم اولیه اندازه گیری در پزشکی
۳. اصول عملکرد سنسورهای پایه: اندازه گیری جابجایی، اندازه گیری نیرو، اندازه گیری دما
۴. ریشه های پتانسیل الکتریکی در سیستم های بیولوژیکی
۵. آشنایی با عملکرد دستگاه هایEEG و ECG
۶. اصول عملکرد الکترودها و اتصالات خارجی
۷. اندازه گیری فشار و صوتدر سیستم گردش خون
۸. اندازه گیری جریان در سیستم گردش خون
۹. اندازه گیری دستگاه تنفس
۱۰. کاربرد لیزر در سیستم های اندازه گیری
۱۱. کاربرد اولتراسوند در سیستم های اندازه گیری
۱۲. اصول عملکرد بیوسنسورها
۱۳. اثر ابعادی ساختارهای بیولوژیک در سیستم های اندازه گیری
۱۴. اندازه گیری در ریزساختارها
۱۵. اصول MEMS/BioMEMS
۱۶. استانداردها، ضوابط و کالیبراسیون تجهیزات پزشکی

مراجع :

1. Webster J.G. *Medical Instrumentation: Application and Design*, 4th Edition, John Wiley and Son, 2009.
2. Brian R.Eggins, *Biosensors- An Introduction*, John Wiley and Son, 1997.
3. Steven S.Saliterman, *Fundamentals of BioMEMS and Medical Microdevices*, Spie international Society for Optical Engine, 2006.

نام درس : ارگانهای مصنوعی **Artificial Organs**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱. مقدمه ای بر ارگان های مصنوعی
۲. ریه مصنوعی (اکسیژناتور)
۳. تجهیزات تنفسی (ونتیلاتورها،اسپیرومتر و ...)
۴. قلب مصنوعی
۵. دریچه های مصنوعی
۶. تجهیزات کمکی قلب
۷. کلیه مصنوعی (همودیالیز)
۸. مقدمه ای بر مهندسی بافت و به کارگیری آن در ساخت ارگان های مصنوعی
۹. آشنایی با سایر ارگان های مصنوعی از قبیل کبد، رگ، پوست، گوش، چشم و ... در قالب پروژه درسی

مراجع :

1. Motgan & Claypool, *Artificial Organs*, Gerald E.Miller, 2006.
2. S.Najaria, *Introduction to Biomedical Engineering*, 1385 Jahad Daneshgahi Publication.
3. Ronald Fournier, *Basic Transport Phenomenia in Biomedical Engineering*, 2011.
4. Truskey, Yuan and Katz, Transport Phenomena in Biological Systems, 2009.

نام درس : بیومکانیک ستون مهره ها **Spine Biomechanics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱- اهمیت و اپیدمیولوژی دردها و آسیب های کمری و نقش پارامترهای مکانیکی
۲- آناتومی و مفاهیم مقدماتی بیومانیک ستون مهره ها
۳- تخمین بارهای مکانیکی وارده بر ستون مهره ها: روش های آزمایشگاهیin-vivo؛ روش های آزمایشگاهیin-vitro؛ اهمیت مدل های بیومکانیکی
۴- مدل های بیومکانیکی ستون مهره ها: مدل های عضله معادل؛ مدل های بهینه سازی، مدل های الکترومایوگرافی؛ مدل های ترکیبی؛ مدل های المان محدود؛ روش های اعتبارسنجی مدل ها
۵- تحلیل پایداری مکانیکی ستون مهره ها
۶- کاربرد مدل های بیومکانیکی در ارگونومی و فیزیوتراپی: روش بهینه بلند کردن اجسام؛ طراحی روش های فیزیوتراپی عضلات

مراجع :

1- Bogduk N., *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*, Elsevier Health Sciences, 4th Edition, 2005.
2- Hong Y., Bartlett R. (Eds), Routledge, *Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*. Taylor and Francis Ltd, London, 2008.
3- McGill Stuart, *Low back disorders: evidence- based prevention and rehabilitation*, Human Kinetics, Champaign, 2nd Edition, 2007.
4- Reeves NP, Cholewicki J. *Modeling the human lumbar spine for assessing spinal loads, stability, and risk of injury*. Critic Rev Biomed Eng. 2003; 31(1-2): 73-139.

نام درس : مهندسی توانبخشی حرکتی **Rehabilitation Engineering**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱- مقدمه بر کاربرد مهندسی در توانبخشی حرکتی
۲- ملاحظات اجتماعی، اخلاقی و روانی در توسعه مهندسی توانبخشی
۳- اصول طراحی مهندسی در توانبخشی حرکتی
۴- طراحی وسایل کمکی و ارتزها: ویلچرهای دستی و موتوردار؛ تکیه گاه های موقعیتی نشسته و ایستاده؛ ارتزهای اصلاح کننده بدشکلی اندام ها و ستون مهره ها؛ ارتزهای ارتوپدی و ورزشی؛ ارتزها و وسایل کمکی برای بهبود راه رفتن و فعالیت های روزمره (ارتزهای غیرفعال و فعال راه رفتن، وسایل کمکی برای تسهیل فعالیت های روزمره)؛ ارتزها و وسایل کمکی خاص برای بیماران عصبی- عضلانی
۵- طراحی پروتزها: پروتزهای اندام فوقانی؛ پروتزهای اندام تحتانی

مراجع :

1- Rory A Cooper, *Rehabilitation Engineering Applied to Mobility and Manipulation*, Institute of Physics Publishing, 1995.
2- Rory A Cooper, Hisaichi Ohnabe, Douglas A. Hobson (Editors), *An Introduction to Rehabilitation Engineering (Series in Medical Physics and Biomedical Engineering)*. Taylor & Francis; 1 edition (December 26, 2006)
3- Rose Sgarlet Myers, Sunders S, *Manual of Physical therapy*, Saundrs; 1st edition (January 15, 1995).
4- Deborah A.Nawoczenskси, Marcia E. Epler, *Orthotics in functional rehabilitation of lower limb*; 1st edition (January 15, 1997)
5- Bowker HK, Michael JW(eds): *Atlas of Limb Prosthetics: Surgical, Prosthetic, and Rehabilitation Principles*, Rosemont, IL, American Academy of Orthopedic Surgeons, edition 2, 1992, reprinted 2002.

نام درس : مکانیک سلولی **Cellular Mechanics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱- مقدمه

۲- سلول: کارکرد و انواع

۳- سلول: ساختار، اندازه و شکل

۴- مکانیک شبکه ها دو بعدی و سه بعدی زنجیره ای (معرفی فیلامان های سلولی، الاستیسیته فیلامان های سلولی، شبکه های نرم در سلول ها، شبکه های فنری، ضرایب الاستیک شبکه های دو بعدی و سه بعدی، شبکه های انتروپیک، رئولوژی و اجزای داخل سلولی).

۵- مکانیک غشای سلولی (ساختار غشاهای زیستی، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، تأثیر نوسانات حرارتی در شکل غشاء انحنای سطحی، مشخصه های مکانیکی و ترمودینامیکی و الاستسیته غشاء)

۶- آنتروپی سلولی، برهمکنش سلول ها و غشاءها، مکانیک چسبندگی سلول ها، مکانیک حرکت سلولی

۷- دینامیک فیلامان (حرکت داخل سلولها، نیروهای ناشی از فیلامان ها)

مکانیک سلول های زیستی(باکتری ها، سلول های ساده زیستی، سلول های چرخه خون، سلول های مبنای بدن انسان)

مراجع :

1- Boal D., *Mechanics of the Cell*, 2002, Cambridge University Press.
2- Mow V.C. et al. *Cell Mechanics and Cellular Engineering*, Springer Verlag, reprint 2012.
3- Flyvbjerg, H. et al. (eds), *Physics of Bio- Molecules and Cells*, 2002, Springer Verlag.
4- Bray D.*Cell Moverment: From Molecules to Motility (2nd ed)*, 2001, Garland.

5- Becker W.M. et al(eds), *World of the Cell(6th ed)*, 2005, Benjamin Cummings.
6- Albers B. et al., *Molecular Biology of the Cell (5th ed)*, Garland, 2007.

نام درس : بیومکانیک برخورد و تصادم **Collision Trauma Biomechanics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱- مقدمه ای بر بیومکانیک ضربه/ آسیب و روش های آن؛ تحلیل و روش های آماری در تقسیم بندی آسیب (injury)؛ آسیب و پاسخ های بیومکانیکی مربوط به آن

۲- طراحی آزمایش و روش های اندازه گیری مربوط به ضربه/ آسیب؛ بررسی مدل های مختلف بیومکانیکی آسیب؛ تحلیل Load - injury و پاسخ های بیومکانیکی مربوطه

۳- روش های آزمایشگاهی مطالعه ضربه؛ طراحیDummy؛ معیارهای عملکرد مناسب (criteria Performance) و روش های اندازه گیر مرتبط

۴- مدل های شبیه سازی ریاضی؛ مدل Multibody؛ مدل FEM

۵- بیومکانیک آسیب در گردن، ستون فقرات و قفسه سینه

۶- بیومکانیک آسیب در سر و مغز

مراجع :

1- Nahum, A,J,Melvin, "*Accidental injury: Biomechanics and prevention*", Springer- Verlng, 1993.

2- Schmitt K.V., Nieder, P.F.. Muser M. H., walz, F "*Trauma Biomechanics, Accidental injury in traffic and sports*" Springes- Verlage 2007.

نام درس : بیومکانیک ارتوپدی **Orthopedic Biomechanics**

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : اختیاری

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: ارتوپدی و کاربردهای آن، بیومکانیکی ارتوپدی.

۲- بیومکانیک استخوان: عملکرد استخوان در سیستم های اسکلتی، ساختار و ترکیب استخوان، خواص مکانیکی استخوان متراکم و اسفنجی، مکانوبیولوژی، مدلسازی سازگاری، مدلسازی سلسله مراتبی.

۳- بیومکانیک شکست و ترمیم استخوان: مکانیزم های شکست استخوان، فرایند ترمیم استخوان، بیومکانیک ترمیم، مدلسازی ترمیم.

۴- بیومکانیک لوازم ثابت سازی شکستگی: فرایند درمان شکستگی، مواد کاشتنی های استخوان، ثابت سازی های خارجی، ثابت سازهای داخلی، استانداردهای ثابت سازهای شکستگی.

۵- بیومکانیک مفاصل: ساختار و عملکرد مفاصل، تحلیل حرکت و نیرو در مفاصل، بیومکانیک مفصل زانو، بیومکانیک مفصل لگن.

۶- روش های آزمایشگاهی مطالعه مفاصل؛ روش های اندازه گیری نیرو، حرکت سطح تماس و پایداری در مفاصل.

۷- مدلسازی ریاضی مفاصل: مدل های جسم صلب، مدل های جسم انعطاف پذیر.

۸- بیومکانیک تعویض مفصل: بیماری های مفصلی، مواد کاشتنی های مفصلی، اصول طراحی مفاصل مصنوعی، مفصل مصنوعی زانو، مفصل مصنوعی لگن، استانداردهای مفاصل مصنوعی.

مراجع :

1) Mow V.C., Huiskes R., Basic *Orthopedic Biomechanics and Mechano-Biology*, Lippincott Williams & Wilkins, 3rd Edition, 2005.
2) Bartel D.L., Davy D.T., Keaveny T.M., *Orthopedic Biomechanics: Mechanics and Design in Musculoskeletal Systems*, 1st Edition, 2006.
3) Andrew A. Biewener, IRL, *Biomechanics, structures and systems: a practical approach*, Press at Oxford University Press, 2009.
4) D.L. Hamblen, *Outline of Orthopedics*, John Crawford Adams, Elsevier Science Health Science Division, 13th edition, 2001.

نام درس : بیو مواد

Biomaterials

تعداد واحد: ۳

دوره : تحصیلات تکمیلی

پیشنیاز : ندارد

نوع درس : انتخابی

سرفصل مطالب :

۱- معرفی بیومواد: سابقه تاریخی، نحوه کاربرد بیومواد، تصویر کلی از مسئله انتخاب بیومواد، گروههای اصلی مواد

۲- ساختار مواد: پیوند اتمی، ساختار بلوری، نقص در ساختمانهای بلوری، ترکیبات مولکولی پلیمرها، ساختمان مواد مرکب

۳- خواص و ویژگیهای مواد: خواص مکانیکی (رفتار تنش-کرنش، شکست مکانیکی، ویسکوالاستیک)، خواص حرارتی (اثرات دما و تنش، اثرات دما و زمان، عملیات حرارتی)، خواص چسبندگی (بررسی شرایط سطح، استحکام اتصال)، بررسی کلی خواص دیگر چون الکتریکی، نوری، صوتی، خوردگی

۴- کاشتنیهای فلزی: فولاد زنگ نزن، آلیاژهای پایه کبالت، تیتانیم و آلیاژهای پایه تیتانیم

۵- کاشتنیهای سرامیکی: ارتباط خواص با ساختار سرامیکها، تخریب سرامیکها، اکسید آلومینیم، فسفات کلسیم، شیشه سرامیکها، کربن (ساختار، خواص، طراحی و ساخت)

۶- کاشتنیهای پلیمری

۷- بیو مواد مرکب و کاربردها

مراجع :

1- Park, Joon, and Roderic S. Lakes. Biomaterials: an introduction. Springer Science & Business Media, 2007.

2- Fung Y.C., Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues, and Circulation, 2nd edition, reprint 2010.

Course Name: Biomaterials
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

COURSE OUTLINE

1. Introduction: history, application of biomaterials, problem of material selection, principal groups of materials
2. Material structure: atomic bond, crystal structure, defects in crystal structures, composite materials structure
3. Characteristics and properties: mechanical properties (stress-strain behavior, mechanical fracture, viscoelasticity), thermal properties, adhesive properties, general investigation of electrical, optic, acoustic, and corrosion properties
4. Metal implants: stainless steel, Cobalt-based alloys, Titanium and Titanium-based alloys
5. Ceramic implants: properties of ceramic structures, decay of ceramic materials, Aluminum oxide, Calcium Phosphate, Ceramic glasses, Carbon (structure, properties, design and manufacture)
6. Polymer implants
7. Composite biomaterials and applications

References

1- Park, Joon, and Roderic S. Lakes. Biomaterials: an introduction. Springer Science & Business Media, 2007.
2- Fung Y.C., Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues, and Circulation, 2nd edition, reprint 2010.

Introducing the School of Mechanical Engineering – Shiraz University

Mechanical engineering is perhaps the broadest and most diverse of all engineering sciences to the extent that hardly any engineering discipline can be imagined needless of mechanics. Mechanical engineering graduates have always had a special place in various industries. The breadth of mechanical engineering discipline allows its graduates a variety of career options from high skilled managers in industry, skilled manufacturing engineers, to academic staffs in educational or research institution; and today we are witnessing their creative roles in the development and advancement of our country.

The school of mechanical engineering of Shiraz University started its academic activity in 1964 by admitting undergraduate students. Later, in 1969 the first group of graduate students were admitted and as the pioneer of the PhD program in the country before the revolution, the credit goes to the school of mechanical engineering of Shiraz University. The program was re-started in consort with other accredited Iranian universities in 1991.

Today, the school encompasses four departments: Solid mechanics, Thermo-fluids, Energy-aerospace, and Nuclear engineering. Bachelor's program is offered in solid mechanics and thermo-fluids, Master's program in applied design, energy conversion, aerodynamics, nuclear engineering and radiotherapy, and PhD program in applied design, energy conversion, reactor design and radiotherapy.

Currently, the school of mechanical engineering benefits from the academic activity of 38 faculty members; 16 in solid mechanics, 13 in thermo-fluids and energy-aerospace and 9 in nuclear engineering department and radiation research center.

Over the years, more than 2700 students have graduated with a BSc. degree, 748 with MSc. degree and 66 PhD's.

Today, the number of undergraduate students of the school is 490, that of masters 315 and the number of PhD students stands at 110.

Academic and research activities of the school is not just limited to training students. Each year vast and diverse researches in various scientific and industrial

arenas are performed by faculty, students and other centers affiliated to the school of mechanical engineering.

In order to complement its theoretical and professional duties, the school benefits from an equipped collection of labs and specialized workshops. Some of the labs and research centers affiliated with the school of mechanical engineering are as follows:

Solar energy research center, radiation research center, high performance computation center, the engine research center, aerospace research center (in charge of transonic wind tunnel system), advanced research center for applied design, research center for smart structures, wind tunnel and aero- elasticity lab, fuel cells research center, thermodynamics lab., heat transfer lab., dynamics of machinery and vibration lab., nuclear physics lab., dosimetry lab., gamma spectography lab., machine tool workshop, welding workshop, auto mechanic workshop.

Spring 2016

In order to obtain a MS degree in Mechanical Engineering - Applied design students are required to pass a total of 29 units according to the following table.

Compulsory Courses	6 Units
Selective Courses	15 Units
Thesis	8 Units
Total	29 Units

Course names and their credits for the three specialized fields are recorded in tables 1 to 7

Table 1-Compulsory Courses (Solid Mechanics)				
No.	Course Name	Credits	Hrs.	Prerequisites
1	Advanced Math.1	3	48	None
2	Continuum Mech.1	3	48	None

Table 2-Compulsory Courses (Dynamics, Vibs. and Control)				
No.	Course Name	Credits	Hrs.	Prerequisites
1	Advanced Math.1	3	48	None
2	Advanced Dynamics	3	48	None
	Advanced Vibrations	3	48	None
	Adv. Aut. Control	3	48	None

Table 3- Compulsory Courses (Biomechanics)				
No.	Course Name	Credits	Hrs.	Prerequisites
1	Advanced Math.1	3	48	None
2	Biomechanics of musculoskeletal system	3	48	None
	Fundamentals of Biomedical Engineering	3	48	None

Students are required to pass a total of 6 units compulsory courses, three units from the first row and three units from the second row of the pertinent Tables.

Students are required to select 15 units from Table 4. With the consent of the student's advisor and department's approval, 3 units out of 15 might be chosen from other branches or disciplines.

Table 4- Selective Courses (Solid Mechanics)				
No.	Course Name	Credits	Hrs.	Prerequisites
1	Elasticity	3	48	(Continuum Mechanics1)
2	Advances Strength of Materials	3	48	None
3	Finite Element Methods	3	48	None
4	Advanced Design	3	48	None
5	Advanced Vibrations	3	48	None
6	Advanced Dynamics	3	48	None
7	Dynamical Systems	3	48	(Adv.Math1)
8	Mechanics of Composite Materials	3	48	None
9	Plasticity	3	48	None
10	Thermoelasticity	3	48	None
11	Creep, Fatigue and Fracture	3	48	None
12	Optimum Design of Mechanical Elements	3	48	None
13	Advanced CAD	3	48	None
14	Stability of Mechanical Systems	3	48	None
15	Meshless Methods	3	48	None
16	Energy Methods	3	48	None
17	Impact Mechanics	3	48	None
18	Advanced Math.2	3	48	Adv. Math.1
19	Continuum Mechanics 2	3	48	Cont. Mech1
20	Theory of Plates and Shells	3	48	None
21	Boundary Element Methods	3	48	None
22	Tensor Analysis	3	48	Adv. Math.1
23	Variational Methods	3	48	None
24	Mechanics of Granular Media	3	48	None
25	Aeroelasticity	3	48	None
26	Applied Functional Analysis	3	48	Adv.Math.1
27	Adv Numerical Methods	3	48	None

28	Nonlinear Vibrations	3	48	None
29	Fracture Mechanics	3	48	None
30	Computational Dynamics	3	48	None
31	Vibrations of Continuous Systems	3	48	None

Students are required to select 15 units from Table 5 or the second row of Table 2. With the consent of the student's advisor and department's approval, 3 units out of 15 might be chosen from other branches or disciplines.

Table 5-Selective Courses (Dynamics, Vibs. and Control)				
No.	Course Name	Credits	Hrs.	Prerequisites
1	Continuum Mechanics1	3	48	None
2	Dynamical Systems	3	48	(Adv.Math1)
3	Nonlinear Dyn.& Chaos	3	48	None
4	Vibrations of Continuous Systems	3	48	None
5	Nonlinear Vibrations	3	48	None
6	Modal Analysis	3	48	None
7	Robotics	3	48	None
8	Nonlinear Control	3	48	None
9	Robot Control	3	48	None
10	Optimum Control	3	48	None
11	Multivariable Control	3	48	None
12	Robust Control	3	48	None
13	Adaptive Control	3	48	None
14	Fuzzy Control	3	48	None
15	Stochastic Control	3	48	None
16	Adv. Numerical Methods	3	48	None
17	Tensor Analysis	3	48	Adv.Math.1
18	Advanced Math.2	3	48	Adv.Math.1
19	Aeroelasticity	3	48	None
20	Variational Methods	3	48	None
21	Energy Methods	3	48	None
22	Impact Mechanics	3	48	None
23	Mechanics of Granular Media	3	48	None
24	Intelligent Systems and Control	3	48	None
25	Computational Dynamics	3	48	None

Students are required to select 15 units from table 6 or the second row of Table 3. With the consent of the student's advisor and department's approval, 3 units out of 15 might be chosen from other branches or disciplines .

Table 6- Selective Courses (Biomechanics)				
No.	Course Name	Credits	Hrs.	Prerequisites
1	Medical Robotics	3	48	None
2	Analysis and modeling of human movements	3	48	None
3	Control of Biological Systems	3	48	None
4	Occupational Biomechanics	3	48	None
5	Design of Medical Devices and Implants	3	48	None
6	Kinematics and Dynamics of Bio-inspired Robots	3	48	None
7	Modeling and Simulation of Biological Systems	3	48	None
8	Intelligent Systems and Conrol	3	48	None
9	Biomechanics of Bone and Bone Injuries	3	48	None
10	Instrumentation in Biomechanics	3	48	None
11	Artificial Organs	3	48	None
12	Spine Biomechanics	3	48	None
13	Rehabilitation Engineering	3	48	None
14	Cellular Mechanics	3	48	None
15	Collision Trauma Biomechanics	3	48	None
16	Advanced Numerical Methods	3	48	None
17	Orthopedic Biomechanics	3	48	None
18	Biomaterials	3	48	None

Table 7	
M.Sc. Thesis	8 Units

Course Name: Advanced Mathematics I
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Compulsory

Course Outline:

Vector spaces, subspaces, linear dependence, basis and dimension, review of elementary operations with matrices, row-reduced echelon form, coordinates, change of basis, invertible matrices, linear transformations, algebra of linear transformations, representation of linear transformations by matrices, linear functionals, dual space, transpose of linear transformations, similarity, determinant of square matrices, system of linear equations and Gaussian elimination, characteristic values and characteristic spaces, diagonizable operators, functions of square matrices, algebraic and geometric multiplicities of eigenvalues, Lambda matrices, Cayley-Hamilton theorem, Sylvester identity, infinite series of matrices, minimal polynomial, linear functionals and adjoint operators, invariant subspaces, T-conductor, triangulizable operators, inner product spaces, Gram-Schmidt process, orthogonal projection, best approximation, Bessel's inequality, QR-decomposition, self-adjoint operators, unitary operators, unitary similarity and orthogonal similarity, Schur's theorem, normal matrices and their properties, system of linear differential equations, state transition matrix, approximate solutions and matrizants, quadratic forms and their classification and reduction, Cholesky decomposition theorem, extrema of functions of several variables, Hessian matrix, simultaneous diagonalization by congruence

References:

1. Linear Algebra ; K.Hoffman and R.Kunze, Prentice-Hall Inc. 1971
2. Matrix Theory with Applications ; J.L.Goldberg, Mc-Graw Hill 1992
3. Shaum's Outline Series, Matrices; F.Ayres Jr., Mc-Graw Hill 1962
4. Advanced Engineering Mathematics; C.R.Wylie, Mc-Graw Hill 1995
5. Advanced Calculus for Applications; F.B. Hildebrand, Prentice Hall 1976
6. Advanced Mathematics for Engineers; W.Kaplan, Techbooks 1981
7. Introduction to Linear Systems Analysis; G.Swisher, Matrix Publishers 1976

Course Name: Continuum Mechanics I
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Compulsory

Course Outline:

Introduction and general definitions. Body and configurations. Material and referential description of motion. Material derivative. Cartesian tensors. Integral theorems. Kinematics of continuum. Deformation gradient tensor. Polar decomposition theorem. Deformation measures and strain tensors. Stretch of a line element. Velocity gradient tensor. Rate of deformation and vorticity tensors. Superposed rigid body motion. Infinitesimal deformations and linear theory. Conservation of mass. Reynolds' transport theorem. Traction vector. Principles of conservation of linear and angular momenta. Properties of traction vector and existence of stress tensor. Local form of equation of motion. Piola stress tensors and alternative forms of equation of motion. General theory of constitutive equations.Reiner-Rivlin fluid. Elastic solid. Strain energy and hyperelastic materials. Material symmetry in nonlinear and linear elastic materials. Monoclinic symmetry. Orthotropic and isotropic materials. Elastodynamic and elastostatic problems. Wave propagation in elastic solids. Principle of conservation of energy. Clausius-Duhem inequality. Thermodynamic processes. Constitutive equations for thermoelasticity. Linear viscous fluid. Dissipation in viscous fluids. Linear thermoelasticity. Gough-Joule effect. Thermomechanics from the perspective of entropy balance. Dissipative materials and second law of thermodynamics. Restriction on heat flux vector. Comparison with traditional thermodynamics. Derivation of fundamental equations in cylindrical and spherical coordinates.

References:

1. P.M.Naghdi's Notes on Continuum Mechanics; www.me.berkeley.edu/faculty/casey/partI-III.pdf., 2001

2. Introduction to Continuum Mechanics; W.M.Lai, D.Rubin and E.Krempl, Butterworth Heinemann Ltd. Copyright 2010 Elsevier.

3. An Introduction to Continuum Mechanics with Applications; J.N.Reddy, Cambridge University Press 2008.

4. Schaum's Outline Series, Theory and Problems of Continuum Mechanics; G.E.Mase, Mc-Graw Hill Book Co., 1970

5. Continuum Mechanics; Y.C.Fung, Prentice Hall Inc. 1969

6. Introduction to Mechanics of a Continuous Medium; L.E.Malvern, Prentice Hall 1977

7. Continuum Mechanics; A.J.M.Spencer, Longman Group Ltd. London 1980

8. Continuum Mechanics, Concise Theory and Problems, P.Chadwick, Dover Pub.1998

9. Introduction to Mechanics of Continua; W.Prager, Courier Dover Publications 2004

10. The Elements of Continuum Mechanics; C.Truesdell, Springer-Verlag 1985

11. An Introduction to Continuum Mechanics; M.E. Gurtin, Published by Alekk1 1981

12. An Introduction to Thermomechanics; Hans Ziegler, North Holland 1983

13. Cartesian Tensors; Sir Harold Jeffreys, Cambridge at the University Press 1931, 7th Impression 1969

14. Cartesian Tensors in Engineering Sciences; L.G.Jaeger, Pergamon Press 1966

Course Name: Elasticity
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: (Continuum Mechanics 1)
Category: Elective

Course Outline:

General deformations, Spherical and deviatoric strains, Strain compatibility, Displacement and strain in curvilinear coordinates, Body and surface forces, Spherical and deviatoric stresses, Principal stresses, Equilibrium equations in Cartesian, cylindrical and spherical coordinates systems, Elastic and thermo-elastic constitutive equations, Physical meaning of elastic modules, Boundary conditions and fundamental problem classifications, Stress formulation, Displacement formulation, Principle of superposition, Saint-Venant's Principle, General solution strategies, Strain energy, Bounds on the elastic constants, Principle of virtual work, Principles of minimum potential and complementary energy, Rayleigh-Ritz Method, Plane stress, Plane strain, Airy stress function, Polar coordinate formulation, Cartesian coordinate solutions using polynomials and Fourier series, Problems in polar coordinate, Extension formulation, Torsion formulation, Torsion solutions derived from boundary equation, Torsion solutions using Fourier methods, Torsion of hollow members, Torsion of circular shafts of variable diameter, Flexure formulation, Flexure problems without twist

References:

1. Elasticity: Theory, Applications and Numerics; M.H.Sadd, 3rd ed. Academic Press 2014.

2. Elasticity (Solid Mechanics and Its Applications); J.R.Barber, 3rd ed. Springer 2010

3. Elasticity in Engineering Mechanics; A.P.Borsei, K.Chong and J.D.Lee, John Wiley and Sons 2010.

4. Theory of Elasticity; S.P.Timoshenko and J.N.Goodier, Mc-Graw Hill 1969, Digitized 2010.

Course Name: Finite Element Method
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisite: -
Category: Elective

Course Outline:

Review of numerical approaches includingfinite difference method, variational method, and various weighted residual methods for solving boundary value problems, Basic concepts of the finite element method.
Finite element analysis of 1D problems, weak formulationof ordinary differential equations, Galerkin approach, second order boundary value problems, forth order boundary value problems, system of differential equations, calculus of variation,variational approach, Euler-Bernoulli and Timoshenko beam elements, shear locking,time-dependent problems (parabolic and hyperbolic), time approximation, eigenvalue problems (vibration and stability), truss and frame elements.
Finite element analysis of 2nd order 2D single-variable problems, weakformulation, applications in heat transfer, fluid mechanics, and solid mechanics, various 2D elements and shape functions, 2D master elements, numerical integration used to find components of elements' matrices and vectors,mesh generation,assembly and imposing jump, boundary, and initial conditions.
Finite element analysis of 2nd order 2D two-variable problems,static and dynamic analysesof plane elasticity and incompressible viscous flow problems, penalty method.
Finite element analysis of thin plates using classical and first order shear deformation theories (Statics and Dynamics).
Errors in FEA, convergence and accuracy, weighted residual finite element models, mixed formulation, FE models for nonlinear problems, 3D problems.

References:

1- E. B. Becker, G.F. Cray, and J.T. Oden, Finite Elements, An Introduction- Volume 1, Prentice-Hall, 1981
2- J. N. Reddy, An Introduction to the Finite Element Analysis, McGraw-Hill, 2006.
3- O.C Zienkiewicz and K. Morgan, Finite Elements and Approximation,Wiley, 1974
4- O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, Volume 1, McGraw-Hill, 1994.
5-R. D. Cook, D.S. Malkus, M.E. Plesha, Concepts and Application of Finite Element Analysis, 3 rd Edition, Wiley, 1989.
6-R. L. Taylor, J.Z. Zhu, The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, 6th Edition, Butterworth-Heinemann Co., 2005.
7-S.C. Brenner, L.R. Scott, The Mathematical Theory of Finite Element Methods, McGraw-Hill, 2006.
8- J. N. Reddy, An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis, Oxford, 2004

Course Name: Advanced Strength of Materials
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: none
Category: Elective

Course Outline:

- Basic concepts: stress, strain, stress-strain relations, displacement components, strain-displacement relations (Cartesian and Cylindrical coordinates).
- Stress and Strain: stress transformations, strain transformations, generalized stress-strain relations, the equations of equilibrium, compatibility relations.
- Introduction to theory of elasticity: plane elastic problems, concept of stress function, torsion of noncircular shafts (Prandtl's stress function).
- Shear flow, torsion of closed thin-walled tubes (single cell and multiple cells), bending of unsymmetrical beams, and curved beams.
- Introduction to plate bending theory: governing equations, rectangular and circular plates in bending, superposition.
- Beams on elastic foundations: general theory, boundary conditions, infinite length beams, semi-infinite length beams, short length beams.
- Buckling: Euler theory, Rankine-Gordon method, columns with initial curvature, eccentric loading, minimum potential energy solution (Rayleigh-Ritz method), Beam-Columns.

References:

1. Ansel C. Ugural and Saul K. Fenster, "Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity", 5th Edition, Pearson Education Inc., 2012.
2. Richard G. Budynas, "Advanced Strength and Applied Stress Analysis", 2nd Edition, McGraw-Hill, 2006.
3. Arthur P. Boresi and Richard J. Schmidth, "Advanced Mechanics of Materials", 6th Edition, John Wiley and Sons, 2003.
4. S. Timoshenko," Timoshenko's Strength of Materials, Part II: Advanced Theory and Problems", 3rd Edition, Krieger Pub. Co., 1963.

6- R. L. Taylor, J.Z. Zhu, The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, 6th Edition, Butterworth-Heinemann Co., 2005.
7- S.C. Brenner, L.R. Scott, The Mathematical Theory of Finite Element Methods, McGraw-Hill, 2006.
8- J. N. Reddy, An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis, Oxford, 2004

References:

1- W. T. Thomson and M. D. Dahleh, Theory of vibration with application,Prentice-Hall, 1993
2- L. Meirovitch, Fundamentals of vibration,McGraw-Hill, 2001
3-L. Meirovitch,Analytical methods in vibrations, Macmillan,1967
4- D. J. Inman,Vibration with control, measurement and stability, Prentice-Hall, 1989
5-C, .de.Silva, Vibrations, fundamentals and practice, Taylor & Francis Group, 2006
6- S.S. Rao, Mechanical Vibrations, Addison –Wesley, 2000
7- L. Meirovitch, Computational methods in structural dynamics, Sijthoff&Noordhoff, 1980

Course Name: Advanced Vibrations
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisite: -
Category: Elective

Course Outline:

1-Review of introductory vibration: Basic concepts, Free and forced vibrations of single DOF systems, frequency response function, measurement, stability, control and design of 1DOF systems.
2-Free and forced vibrations of multi-DOF systems: Properties of linear systems, Influence coefficients, Flexibility and stiffness matrices, Reciprocity theorem, Eigenvalues and eigenvectors, Orthogonality of normal modes, Expansion theorem, Modal damping, Arbitrary viscous damping, State space modal analysis.
3-Analytical Dynamics: Degrees of freedom, Generalized coordinates. Holonomic and Non-Holonomic constraints. Principle of virtual work, Hamilton's principle, Extended Hamilton's principle. Lagrange's equations. Constrained dynamical systems, Minimal and redundant approaches, Lagrange multipliers,
4-Computational methodsfor finding eigenvalues and eigenvectors of Multi-DOF systems: Matrix iteration method, Jacobi Method, QR method
5-Distributed parameter systems: Free vibrations of strings, rods, shafts, beams, membranes, and plates.Wave equations, D'Alembert solution, Characteristic lines, Separation of variables, Eigenvalue problems, Orthogonality of eigenfunctions.
6-Mode summation procedures for continuous systems: Mode summation method, Forced vibration of continuous systems, Natural frequencies and normal modes of constrained structures, Mode-Acceleration method, Component-Mode synthesis.
7-Introduction to the finite element method: Spatial discretization, Nodal degrees of freedom, Mass and stiffness matrices, and load vector of elements using Lagrange's equation, rod element, beam element, truss element, and frame element, Temporal discretization, Runge-Kutta method, Newmark method
8-Classical Methods: Rayleigh Quitient, Rayleight Method, Dunkerly method, Rayleigh-Ritz method, Holzer method, Myklestad method
9-Introduction to nonlinear vibration: Phase plane, Conservative systems, Equilibrium points, Stability analysis, Semi-analytical methods, Numerical methods.
10-Introduction to random vibration: Random processes, Frequency response function, Probabilty distribution, Correlations, Power spectrum and power spectral density, FTs and response.

References:

1- W. T. Thomson and M. D. Dahleh, Theory of vibration with application, Prentice-Hall, 1993
2- L. Meirovitch, Fundamentals of vibration, McGraw-Hill, 2001
3-L. Meirovitch, Analytical methods in vibrations, Macmillan, 1967
4- D. J. Inman, Vibration with control, measurement and stability, Prentice-Hall, 1989
5-C, .de.Silva, Vibrations, fundamentals and practice, Taylor & Francis Group, 2006
6- S.S. Rao, Mechanical Vibrations, Addison –Wesley, 2000
7- L. Meirovitch, Computational methods in structural dynamics, Sijthoff&Noordhoff, 1980

Course Name: Advanced Dynamics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Basic concepts in vector analysis, Reference frames, Space kinematics of rigid bodies, angular velocity, Relation between derivatives of vector functions in two reference frames, Angular acceleration, Linear speed and linear acceleration, Configuration constraints, Generalized coordinates, Generalized speeds and degrees of freedom, Motion constraints, Holonomic and nonholonomic systems, Mass distribution, Inertia dyadic and principal moments of inertia, Inertia ellipsoid, Generalized forces, Generalized active forces and non-contributing forces, Friction forces and generalized inertia forces, Potential and kinetic energies, Space dynamics of rigid bodies and formulation of equations of motion, Natural and non-natural systems, Euler angles, Principles of virtual work, D'Alambert, Hamilton and Lagrange, Equations of Lagrange, Hamilton, Gibbs-Appel and Kane, First integrals of motion, Impulsive motion, Linearization of equation of motion, Steady motion and motions resembling rest in Newtonian frame, Introduction to dynamics of flexible bodies. (Selected topics in applied dynamics)

References:

1. Dynamics: Theory and Applications; T.R.Kane and D.A.Levinson, Mc-Graw Hill Book Company, Copyright 2005 by the authors.

2. Analytical Dynamics; H.Baruh, Mc-Graw Hill 1998.

3. Classical Mechanics; H.Goldstein, C.Poole and J.Safko, Addison Wesley 2002.

4. Principles of Dynamics; D.T.Greenwood, Prentice Hall 1987.

Course Name: Dynamical Systems
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Introduction, Flows and maps, Autonomous and non-autonomous systems, Linear systems, Aspects of nonlinear behavior, State space models, Existence and uniqueness, Phase portraits for canonical systems in plane, Equilibrium (fixed) points and their classifications, Nonlinear systems in plane, Local and global behavior, Stability of fixed points, Lyapunov stability theorem, Ordinary points and global behavior, The Hartman- Grobman theorem, Hamiltonian systems, Limit points and limit cycles, Poincare map, Poincare-Bendixon theorem, Index theory, Applications: Competing species, Volterra- Lotka equations, The Holling-Tanner model, Jumps and regulations, Piecewise modeling, Families of differential equations and bifurcations, Nonplanar systems, Stable manifold and center manifold theorems, Attracting sets, Poincare maps and hyperbolic orbits, The Lorenz system, Perturbation methods in nonlinear systems.

References:

1. D.K.Arrowsmith and C.M. Place, Dynamical Systems, Differential Equations, maps and chaotic behavior, Chapman and Hall Mathematics, London 1995.
2. L. Perko, Differential Equations and Dynamical Systems, Springer- Verlag, New York 1991.
3. S.Wiggins, Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, Springer – Verlag, New York.
4. P.A. Cook, Nonlinear Dynamical Systems, Prentice Hall, U.K. 1994.
5. Blaquuire, Nonlinear Systems Analysis, Academic Press, London 1966.
6. H. Hochstadt, Differential Equations, A modern Approach, Dover Publications, New York 1964.
7. W.R. Kolk and R.A. Lerman, Nonlinear System Dynamics, Van Nostrand
8. New York 1992.
9. A.B. Cambel, Applied Chaos Theory, A Paradigm for Complexity, Academic Press, Inc. 1993.
10. L. Meirovitch, Elements of Vibration Analysis, McGraw-Hill 1982.

Course Name: Mechanics of Composite Materials
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: none
Category: Elective

Course Outline:

- Definitions, Characteristics, Classification and Industrial application of composites.
- Advanced fibers (Glass, Carbon, and Aramid etc.), Matrix materials (polymers, metals), and Fabrication processes.
- Behavior of unidirectional composites: volume and weight fractions, strengths and moduli (Longitudinal, transverses and shear), thermal and moisture expansion coefficients, transport properties and failure modes.
- Short fiber composites: theories of stress transfer, moduli and strengths.
- Analysis of an orthotropic lamina: orthotropic materials, stress strain relations and engineering constants, Hooke's law, stiffness and compliance matrices.
- Strengths of an orthotropic lamina: failure criteria, importance of shear stress.
- Analysis of laminated composites: laminates strains, variation of stresses in laminate, resultant forces and moments, laminate description system, special laminates (symmetric, quasi isotropic, etc.), Hygro-Thermal stress in laminates, laminate analysis after initial failure.
- An introduction to analysis of plates and beams: governing equations and applications.

References:

1. Ronald F. Gibson,"Principles of Composite Material Mechanics", 3rd Edition, CRC_Press, 2011.
2. B.D. Agarwal, L. g. Broutman and K. Chandrashekhara, "Analysis and Performance of Fiber Composites", 3rd Edition, Wiley, 2006.
3. A. K. Kaw, "Mechanics of Composite Materials", 2nd Edition, Taylor and Francis, 2006.
4. R. M. Jones, "Mechanics of Composite Materials", 2nd Edition, Taylor and Francis, 1999.

Course Name: Plasticity
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: –
Category: Elective

Course Outline:

- Physics of deformation, crystal defects, dislocations, yield stress;
- One-dimensional nonlinear behaviors such as viscoelasticity, viscoplasticity, perfect plasticity, Elastoplastic hardening;
- Concepts of plasticity: elastic and plastic deformation, Haigh-Westergaard space, yield surface, effect of hydrostatic stress, strain rate and temperature on the stress-strain curve, simple and complex loading, flow curve, Loading - unloading, von- Mises criteria, Tresca-Saint Venantcriteria, mathematical and geometrical description of the yield surface, Drucker's postulates, Yield surface convexity.
- Flow theory of plasticity: flow rule, hardening strain, theory of plasticity of Saint Venant – Mises, Prandtl-Reuss equations, associated and non- associated flow rules;
- Isotropic and kinematic hardening rules (Prager models, Armstrong-Frederick, Chabach'sModel);
- Numerical methods in plasticity (successive approximation and return mapping method).
-

References:

1. J. Lubliner, "Plasticity Theory", Dover Publications, 2008.
2. J. Chakrabarty, "Theory of Plasticity", Butterworth-Heinemann, 3rd Edition, 2006.
3. L. M. Kachanov, "Fundamentals of the Theory of Plasticity", Dover Publications,2004.
4. S. Khan and S. Huang, Continuum Theory of Plasticity, John Wiley & Sons, 1999.

Course Name: Thermoelasticity
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

- Importance of thermal stress, thermal stress in bars, thermal stresses in beams.
- Steady state and transient heat conduction equations (Cartesian coordinates, cylindrical and spherical)
- Thermoelasticity equations and their general solutions (answers of Navier's equations, cylindrical and spherical coordinates, multiply-connected bodies, Potential method).
- Thermoelastic plane problems (thermoelastic thermal stress function, complex variable method, Potential Method).
- quasi-static thermoelastic problems, problems of displacement and stress and extension of Betty –Maxwell theorem to Thermoelasticity.
- Thermoelastic stability problems.
- Thermoelasticity thermodynamics (the second law of thermodynamics, variational coupled thermoelasticity, coupled thermoelasticity problems, Uniqueness, theory of Reciprocal)
- Cylindrical thermal stress, thermal stress in the hollow sphere, thermal stresses in plates.

References:

1. Noda, Hetnarski, Tanigawa, "Thermal stresses", by, Taylor and Francis, 2003.
2. Hetnarski and Eslami, "Thermal stresses – Advanced theories and applications" Springer, 2009.
3. W. Nowacki, "Thermoelastisity", Pergamon Press, 2nd Edition, 1986.
   A. D. Kovalenko, P. H. Adams, "Thermoelasticity, Basic Theory and Application",Wolters-Noordhoff, 1971.
4. S. Jiang, A. Racke, "Evolution Equations in Thermoelasticity", Chapman & Hall/CRC,2000.
5. J. Ignaczak, M.O. Starzewski, "Thermoelasticity with Finite Wave Speeds", OxfordUniversity Press, 2009.

Course Name: Creep, Fatigue and Fracture
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Eelective

COURSE OUTLINE

Creep:
Viscoelastic models, Creep stages, Creep models in each stage, Creep fracture, Grain boundary creep fracture, Multiaxial creep.

Fatigue:
Fatigue phenomenon, Fatigue design philosophies, Micro and Macro aspects of Fatigue, Fatigue fracture surfaces, Stress-life method, Mean stress effect, Cyclic behaviour of metals, Strain-life method, Fatigue life prediction, LEFM Method, Fatigue crack growth, Crack tip plasticity, Small crack growth, Notch effect in stress- life, strain life and LEFM methods, Multiaxial fatigue, Critical plane method, Variable amplitude loading, Cycle counting methods.

Fracture:
Fracture modes, Stress around crack tip, Fracture analysis using LEFM, Grifith theory, Fracture applied design.

References:

1. Fundamentals of Fracture Mechanics; J.F.Knott, Butterworth and Co Publishers, October 1973.

2. Mechanical Behavior of Materials; F.A.McClintock and A.S.Argon, Ceramic Book and Literatura Service 19??.

3. Metal Fatigue in Engineering; R.I.Stephens, A.Fatemi, R.R.Stephens and H.O. Fuchs; John Wiley and Sons 2001.

Course Name: Optimum Design of Mechanical Element (Optimum Design in Engineering)
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites
Category: Elective

Course Outline:

- Introduction: Design process. Definition of optimization problems. Classification of optimization problems. Overview of topics. Basic terminology and notation.
- Introduction to numerical linear algebra.
  Vector space and linear transformation. Linear equations and matrix factorization. Multivariable analysis. Contour plots and function of many variable. Optimum design formulation and concepts. Optimum design problem formulation. General mathematical model for optimum design. Graphical optimization. Unconstrained and Constrained optimum problems.
- Optimality conditions.
  Unconstrained and constrained optimization. Method of unconstrained optimization. Methods of constrained optimization. Integer variable optimization. Multivariable optimization. Derivative and Non derivative methods.
- Linear programing methods. Definition of standard linear programming. Simplex method. Two phase simplex method. Post optimality analysis.
- Nonlinear optimization. Unconstrained methods. Method for multivariate smooth and non-smooth function. First and second derivative methods. Nonderivative methods. Penalty functions.
- Numerical methods for unconstrained and constrained optimum problems. Introduction and concepts. Descent direction method. Step size, convergence and rate of convergence. Step size determination. Golden search method. Conjugate gradient methods. Sequential linear programming method. Quadratic programming. Steepest descent method for constrained problems. Constrained Quasi- Newton methods.
- Discrete variable optimum problem. Integer programming. Simulated annealing. Neighborhood search method. Dynamic round off method. Genetic algorithm method.
- Multi objective optimum problem. Multiobjective Genetic algorithm. Weighted Min-max method. Weighted global criterion method. Weighted sum method.

References:

1. Engineering Optimization, Theory and Practice, S.Rao, John Wiley 2009.
2. Introduction to Optimum Design, Jasbir Arora, Academic Press 2011.
3. Numerical Optimization, J.Nocedal , S.J.Wright, Springer Verlag 2006.

Course Name: Advanced computer aided design
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

- A review of the finite element method (FEM)
- An introduction to a FEM software package (ANSYS, ABAQUS, …)
- Governing equations, constitutive equations, boundary conditions and method of modeling and analysis by the FEM software package for the following structures/problems:
  - Combined shell and beam structures
  - Contact problems
  - Fracture mechanics
  - Structures made of anisotropic and composite materials
  - Uncoupled and coupled thermo-elasticity
  - Linear and nonlinear buckling of structures
  - Structures made of hyper-elastic materials
  - Elasto-dynamic problems
  - Problems with elasto-plastic deformations
  - Fluid-solid interaction problems

References:

1. Bower, A. F. (2009). Applied mechanics of solids. CRC press.
2. Madenci, E., & Guven, I. (2015). The finite element method and applications in engineering using ANSYS®. Springer.
3. ANSYS Help Document. ANSYS 15.0, 2013.

Course Name: Stability of Mechanical Systems
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites:-
Category: Elective

Course Outline:

Concepts of stability, Types of buckling,Mechanical stability models,Energy analysis of continuous structuresand approximate methods,Empirical and design formulas, Elastic and inelastic buckling of columns,Dynamic buckling, Elastic buckling of frames,Buckling of beam-column, Continuous beams and rigid frames, Buckling of thin-walled beams,Torsional and flexural-torsional buckling, Buckling of plates, Buckling of cylindrical shells,Buckling of general shells,Creep buckling, Non-classical problems in the elastic stability

References:

1. C. H.Yoo, S. C. Lee, Stability of Structures: Principles and Applications, Elsevier, Amsterdam, 2011.

2. S. P. Timoshenko, J. M. Gere, Theory of Elastic Stability, Dover Publications Inc., New York, 2009.

3. Z.Bazant, L. Cedolin, Stability of Structures: Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories, World Scientific Publishing Co., London, 2010.

4. G. J. Simitses, D. H. Hodges, Fundamentals of Structural Stability, Elsevier, Amsterdam, 2006.

5. C.M. Wang, C.Y. Wang, J.N. Reddy, Exact solutions for buckling of structural members, CRC Press, Florida, 2005.

Course Name: Meshless Methods
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

- Fundamentals
  Numerical simulation, Strong form, Weak form, Weighted residual methods, Global weak form, Local weak form
- Introduction to and classification of meshless methods
  Definition of a meshless method, Solution procedure in meshless methods, Classification of meshless methods based on formulation, function approximation, and domain type
- Construction of shape function in meshless methods
  (Radial) Point interpolation methods, Weighted least squares method, Moving least squares method, Hermite-type shape functions
- Meshless methods based on global weak-form
  Element free Galerkin method, meshless radial point interpolation method, Methods for evaluation of domain integrals, Methods for enforcement of essential boundary conditions, Formulation of transient and dynamic problems, Time integration (Newmark and Crank-Nicolson), Discretized system of equations for 2D and 3D Elasticity and Heat conduction
- Meshless methods based on local weak-form
  Meshless local Petrov-Galerkin method, Meshless local radial point interpolation method
- Meshless methods based on strong-form
  Methods for enforcement of derivative-type boundary conditions, Point collocation methods for 1D and 2D problems, Radial point collocation method for elasto-statics

References:

- G. R. Liu, Y. T. Gu, An Introduction to Meshfree methods and Their Programming, Springer, 2005.
- G. R. Liu, Meshfree methods, Moving Beyond the Finite Element Method, 2nd edition, CRC Press, 2010.
- Y. Chen, J. Lee, A. Eskandarian, Meshless Methods in Solid Mechanics, Springer, 2006.
- M. Griebel, M. A. Schweitzer, Meshfree Methods for Partial Differential Equations, Springer, 2003.
- H. Li, S. S. Mulay, Meshless Methods and Their Numerical Properties, CRC Press, 2013.

Course Name: Energy Methods
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outlines:

Energy methods in applied mechanics provides a systematic and practical introduction to the use of energy principles and traditional variational methods to the solution of engineering problems involving bars, beams, and plates. Beginning with a review of the basic equations of mechanics and the concepts of work, energy, and topics from variational calculus, this course presents the virtual work and energy principles, energy methods of solid and structural mechanics, Hamilton's principle for dynamical systems, and classical variational methods of approximation. Also, the energy based structural stability theories for conservative and non-conservative problems will be present.
This course recommended for MSc and PhD students of mechanical, aerospace and civil Engineering.

1- Introduction
2- Calculus of Variations
3- Approximation Methods
4- Energy Principles in Elasticity
5- Hamilton's Principle
6- Stability Analysis: Energy Criterion and Energy- Based Methods
7- Mechanical Stability Models
8- Elastic Stability: Bars, Beams and Plates
9- Stability Analysis of Non-conservative Systems

References:

1. Reddy, Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics, 2002.
2. Shames and Dym, Energy and Finite Element Methods in structural Mechanics, 1985.
3. Langhaar, Energy Methods in Applied Mechanics, 1962.
4. Simitses and Hodges, Fundamentals of Structural Stability, 2006.
5. Bolotin, Nonconservative Problems of the Theory of Elastic Stability, 1963.

Course Name: Impact Mechanics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: –
Category: Elective

Course Outline:

1- An introduction to the impact phenomenon and impact loading
2- Analysis of low speed impact
3- Rigid body theory for collinear impacts
4- Rigid body theory for planar (2D) impacts
5- 3D impact of rough rigid bodies
6- Rigid body impact with discrete modeling of compliance for the contact region
7- Continuum modeling of local deformation near the contact area
8- Axial impact on slender deformable bodies
9- Longitudinal and shear wave propagation during impact events
10- Impact on assemblies of rigid elements
11- Collision against flexible structures

References

1. Goldsmith, Impact, the theory and physical behavior of colliding solids, Edward Amold, London, 1960.
2. Stronge W.J., Impact Mechanics, Cambridge University Press, 2004.
3. JohnsonW., Impact strength of materials, Edward Arnold, 1972.
4. Meyers M. A., Dynamic behaviour of materials, Wiley-Interscience; 1st edition 1994.
5. Kolsky H., Stress Waves in SolidsDover Books on Physics,Dover Publications, 2nd edition, 2012.
6. Jones N., Structural impact, Cambridge University Press, 2nd Edition, 2011.
7. Stronge W. J., Yu T., Dynamic Models for Structural Plasticity, Springer, Corrected edition, 1995.
8. BlazynskiT. Z., Materials at high strain rate, Springer, 1987.

Course Name: Advanced Topics in Applied Mathematics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: Advanced Mathematics I
Category: Compulsory for PhD Candidates

Course Outline:

Some applications of complex analysis : Complex inversion integral, complex Fourier integral and its inverse, principle of argument, Rouche's theorem, Nyquist criterion, fundamental principle of algebra, analytic continuation, potential theory, Dirichlet and Neumann problems, conformal mapping and some examples, Dirichlet and Neumann problems for circle and half plane, Green's functions, Schwarz-Christoffel transformation
Joukowsky's transformation, application of complex analysis in two-dimensional flow of ideal fluids, two-dimensional problems in linear elasticity.
Partial differential equations: Quasilinear first order equations, development of shock, traffic problem, a trunk line problem in telephone, Cauchy-Kovalevsky's theorem,
second order equations, reduction of hyperbolic, parabolic and elliptic equations to canonical forms, separation of variables in various coordinate systems, review of second order ordinary differential equations and series solution, classification of singularities ,
Papperitz equation and hypergeometric equation, confluent hypergeometric differential equation.
Special functions : Gamma function, digamma function, Bessel function of complex order and its integral representation, Bessel function of second kind, recursive relations, modified Bessel functions, Sturm-Liouville problem and orthogonality of Bessel functions, Legendre function.

References:

1. Advanced Engineering Mathematics; C.R.Wylie.
2. Advanced Calculus for Applications; F.B.Hildebrand.
3. Advanced Mathematics for Engineers; W.Kaplan.
4. Applied Complex Variables; J.W.Dettman.
5. Complex Variables and Applications; R.V.Churchill.
6. Conformal Mappings; Z.Nehari.
7. Introductions to Partial Differential Equations; E.C.Zachmanoglou and D.W.Thoe.
8. Special Functions with Applications; N.N.Lebedev.

Course Name: Continuum Mechanics 2
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: Continuum Mechanics 1 and Tensor Analysis
Category: Elective

Course Outline:

Two points tensors and deformation gradient tensor, Kinematics of continua and general equations for curvilinear coordinate systems, Relative deformation gradient tensor, Admissible conditions on principal invariants of right and left stretch tensors, Derivation of compatibility conditions based on Riemann- Christoffel curvature tensor, Physical components of contravariant, covariant and mixed tensors, Stress tensors, Conservation of Mass, Linear and Angular Momenta, Conservation of Energy and Clausius-Duhem Inequality in curvilinear coordinates, Two-parameter media, Conservation of angular momentum and energy for polar media, Jump conditions on discontinuous surfaces, Jump condition for entropy, Principle of virtual displacements, D'Alambert principle for continuous medium, Gateaux or Frechet derivative, Internal constraints, Material symmetry, Classification of simple materials, Thermo-elastic isotropic solids, Homogeneous and non-homogeneous universal static deformations, Universal large deformations for compressible and incompressible materials, Ericksen problem, Convected coordinates and Cauchy-Green deformation tensors in these coordinates, Objective time derivatives and Oldroyd's covariant and contravariant rates, Jaumann rate, Green-Mc.Innis rate, Rivlin-Ericksen tensors, General constitutive equations, Rivlin-Ericksen fluid, Thermo-elastic materials with internal constraint, Special topics including mixture theory and non-local continua.

References:

Gurtin M.E., Fried E. and Anand L., *The Mechanics and Thermodynamics of Continua,* Camridge University Press 2010.

Haupt,P., *Continuum Mechanics and Theory of Materials,* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2nd edition 2002.

Aris, R., *Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Mechanics,* Dover Publications 1990.

Eringen, A.C., *Mechanics of Continua,* Kreiger Publication Co. 2nd edition 1980.

Fung, Y.C., *Foundations of Solid Mechanics,* Prentice-Hall Inc., 1965.

Green, A.E. and Zerna, W., *Theoretical Elasticity,* Dover Publications 2012.

Landau, L. and Lifschitz, E.L., *Mechanics of Continuum Media,* Butterworth-Hernemann
New York, 1976.

Malvern, L.E., *Introduction to Mechanics of a Continuous Medium,* Prentice-Hall Inc.
1977.

Sedov, L.I., *A Course in Continuum Mechanics (four volumes),* Wolters-Noordhoff Publishing, Groningen, The Netherlands, 1972.

Segel, L.A., *Mathematics Applied to Continuum Mechanics,* SIAM, Classics in Applied Mathematics, 52 edition 2007.

Spencer, A.J.M., *Continuum Mechanics,* Dover Publications 2004.

Temam, R. and Miranville, A., *Mathematical Modeling in Continuum Mechanics,* Cambridge University Press 2nd edition 2005.

Truesdell, C., *A First Course in Continuum Mechanics,* Academic Press, New York,
1977.

Truesdell, C. and Toupin, R.A., *The Classical Field Theories* in the *Handbuch der Physik*
Vol III/1 (ed. S.Flugge), Springer-Verlag, Berlin, 1960.

Course Name: Theory of Plates and Shells
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: none
Category: Elective

Course Outline:

Fundamentals

- Stress components, differential equation of equilibrium, and transformation of stress.
- Strain components, condition of compatibility, large strains and strain transformation.
- Engineering materials, Hooke's law, Poisson's ratio, Failure theories and Strain energy.

Plates

- Elements of plate bending theory, general behavior of plates, stress resultants, governing equation of plate deflection, boundary conditions, strain energy of plates, energy methods.
- Circular plates, Rectangular plates, Plates with various geometrical forms, plates under combined lateral and in-plane loads, large deflection of plates, thermal stresses in plates.

Shells

- Membrane stresses in shells: theories and general behavior of shells, shells of revolution (Cylindrical, Spherical, and Conical), shell of general form.
- Bending stresses in shells: shell stress resultants, shells of revolutions (Cylindrical, Spherical, and Conical) under axisymmetric loads, comparison of bending and membrane stresses.

References:

Ansel C. Ugural," Stresses in Beams, Plates and Shells", 3rd Edition, CRC press, 2010.

1. J.N. Reddy, "Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells", 2nd Edition, CRC Press, 2007.
2. Theories and Applications of Plate Analysis, R.Szilarad, John Wiley and Sons 2004.
3. Thin Plates and Shells (Theory, Analysis and Application), E. Ventsel et.al, Marcel Dekker Inc. 2001.
4. Theory of Plates and Shells, S.Timoshenko, Mc.Graw Hill 1964

Course Name: Boundary Element Method
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: None
Category: Elective

Course Outline:

- Introduction to the boundary element method (BEM)
- Fundamental concepts
- The Poisson's equation; Approximate solutions
- Weighted residual techniques
- The weak formulation
- Boundary integral equation
- Element Types: linear elements, discontinuous, Quadratic & higher order
- Two dimensional potential problems
- BEM for 3-D problems
- Multi-region problems
- Domain integrals (Dual reciprocity method, Radial integration method, Cartesian transformation method)
- Programming for BEM
- Elasto-static problems
- Thermo-elastic problems
- Coupling of the BEM and FEM

References:

- Wu, T. W. (Ed.). (2000). Boundary element acoustics: Fundamentals and computer codes (Vol. 7). Wit Pr/Computational Mechanics.
- Beer, G. (2000). Programming the boundary element method. John Wiley & Sons, Inc..
- Aliabadi, M. H. (2002). The boundary element method. Volume 2, Applications in solids and structures. Wiley.
- Gaul, L., Kögl, M., & Wagner, M. (2013). Boundary element methods for engineers and scientists: an introductory course with advanced topics. Springer Science & Business Media.

Course Name: Tensor Analysis
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

History and introduction, transformation of coordinate systems, summation convention, contravariant vectors and tensors, covariant vectors and tensors, mixed tensors, tensor algebra, quotient rule, relative tensors, metric tensor and line element, Riemannian space, review of basic concepts in calculus of variations, geodesic lines and Christoffel symbols, derivative of tensors, curvature of space, special coordinate systems, geodesic deviation, Riemannian curvature, parallel propagation, flat space, Cartesian tensors, physical components of tensors, geometric interpretation of covariant and contravariant vectors, the meaning of covariant derivative, geometry of space curves, Frenet's relations, geometry of surfaces in space, geodesic curvature, normal to surface, tensor derivatives, first and second fundamental forms of surfaces, Weingarten relations and third fundamental form, Gauss and Codazzi equations, curves on surface, some application of tensor formalism, principle of least action and geometrization of dynamics, equations of fluid flow in Euclidean space, material coordinate systems and convective derivative.

References:

1. Tensor Calculus; J.L.Synge and A.Schield, Dover Publictions 1978. Chapters 1 to 4.

2. Tensor Analysis; Theory and Applications to Geometry and Mechanics of Continua;
I.S.Sokolnikoff, Krieger Pub. Co. 1990 Chapters 2 to 4.

Course Name: Variational Merhods in Solid Mechanics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisite: -
Category: Elective

Course Outline:

1-Introduction to Calculus of Variation
Functions and Functionals, Minima and Maxima, Some basic variational problems, Derivation of Euler equation, Variational notation, Boundary conditions, Variational problems under constraints.
2-Variational Principles of Elasticity
Introduction to Elasticity, Principle of virtual work, Principle of complementary virtual work, Principle of total potential energy, Principle of total complementary potential energy, Stationary principles: Reisner's principle, Castigliano theorems, Structures: strings, rods, shafts, beams, membranes, and plates
3-Analytical Dynamics
Degrees of freedom, Generalized coordinates, Hamilton's principle, Extended Hamilton's principle, Lagrange's equations, Holonomic and Non-Holonomicconstraints,Constrained dynamical systems, Lagrange multipliers, Free and forced vibrations of continuous systems, Eigenvalue Problems,
5- Variational Methods of Approximation
Rayleigh quotient, Rayleigh method, Rayleigh-Ritz method, Kantrovitch method, Galerkin method
6- Nonlinear Elasticity
Geometric and material nonlinearity, Total Potential energy, Von Karman plate theory,
7- Elastic Stability
Stability of columns and plates, Approximate methods
8-Finite element method using variational approach
Discretization,Finite element interpolation, Element equations, Assemblage.

References:

1-Dym C.L. and Shames I.H, *Solid Mechanics, A Variational Approach,* Springer, 2013
2-Reddy J.N.,, *Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics,* John-Wiley & sons, 2002
3- Hildebrand F, *Method of Applied Mathematics*, , Prentice-Hall, 1965
4- Washizu K., *Variational methods in elasticity and plasticity*, Elsevier, 1982
5- Reddy, J.N., *Applied functional analysis and variational methods in engineering*, McGraw-Hill, 1986
6- Lancoz C., *Variational principles of mathematics*,University of Toronto Press,1970

Course Name: Mechanics of Granular Media
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Types of granular media, importance and areas of application
   a- Gravitationally driven flow: silo discharge, chute flow, rotating drums, ball mills
   b- Fluidized flow
      1- Vibrationally-fluidized: vibratory finisher, vibrating sieves
      2- Air flow or bubbling fluidized: chemical reactors, mixers
2- Properties of the granular media: Solid fraction (packing density), stiffness, damping, restitution, friction, impact force, impact velocity, bulk flow velocity
3- An introduction to contact and impact mechanics; Force-displacement relations
   a- Linear models: linear spring-dashpot model (LSD)
   b- Nonlinear elastic and elasto-plastic models: Hertz, Hertz-Mindlin, Thornton
4- Experimental methods to characterize granular media:

   Optical methods: high speed video recording, optical fiber probe, laser displacement probe, MRI, velocimetry methods and image processing, magnetic tracers
5- Numerical methods
   a- Discrete (Distinct) element modeling
   b- Combined Discrete-Finite element method for deformable particles
6- Continuum modeling of granular media
   a- Elasto-plastic models
   b- Visco-plastic moldels
   c- Solution methods: Finite element, Finite difference
7- Case studies with refer to articles
   a- Bulk flow and impact velocity of tablets flowing in rotating drums in tablet coating process in pharmaceutical industries
   b- Application of the continuum models in silo discharge, chute flow and rotating drums
   c- Vibrationally-fluidized granular flows: Impact and bulk velocity measurements compared with discrete element and continuum models

References:

1. Wu A., Sun Y., Granular Dynamic Theory and Its Applications, First ed., Metallurgical Industry Press, Beijing and Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg, 2008.
2. MunjizaA., The combined finite-discrete element method, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, England, 2004.
3. Sun Q., Wang G., Mechanics of granular matter, Southampton, WIT Press/Science Press, c2013.
4. Rao K. K., Nott P. R., An introduction to granular flow,Cambridge- New York, Cambridge University Press, 2008.
5. Wu C. Y.,Discrete element modelling of particulate media,Cambridge, RSC Publishing, c2012.
6. Hill, J. M., Selvadurai,A. P. S., Mathematics and Mechanics of Granular Materials, New York, Springer 2011.
7. Drew D. A., Joseph D. D., Passman S. L., Particulate flows: processing and rheology, New York, Springer, c1998.

Course Name: Aeroelasticity
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

This course will address issues related to the mutual interaction of elastic, inertial, and aerodynamic forces with emphasis on Aeronautical, mechanical and civil applications. It builds on basic material presented in elasticity, aerodynamic and structural dynamics and introduces students to the concepts and tools used in unsteady aerodynamics. It is intended that the student will become familiar with the important issues and philosophies associated with aeroelastic stability and response, will become conversant in the new terminology. This course recommended for Msc and Ph.D of Aerospace , Mechanical and Civil Engineering Students.

10-Introduction
11-Static Aeroelasticity
12-Dynamic Aeroelasticity
13-Aeroelastic loads analysis
14-Methods of solution to the aeroelstic problems
15-Static instability :Divergence, Reversal
16-Dynamic instability: Flutter
17-Aeroelastic gust response
18-Experimental methods

References:

Dowell, E.H., et al, *A Modern Course in Aeroelasticity*, Fifth Edition, Kluwer Academic Publishers, 2015.
Hodges, D.H. and Pierce, G. A., *Introduction to structural Dynamics and Aeroelasticity*, Second Edition, Cambridge University Press, 2011.

Course Name: Applied Functional Analysis
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: Advanced Math.1 or Linear Algebra
Category: Elective

Course Outline:

Theory of normed spaces. Sup-norm, L_2 norm, Lebesgue norm, Sobolev norm. Continuous linear transformations. Banach spaces. Closure, denseness and seperability. Theory of inner product spaces. Orthogonal vectors. Complements and projections. Hilbert spaces. Projection theorem. Best approximations. Fourier series theorem. Linear functionals and operators on Hilbert spaces. Riesz representation theorem. Adjoint operators. Symmetric, positive and positive definite operators. Sobolev spaces and the concept of generalized solutions. Generalized functions. Generalized derivative. The energy spaces. Concepts from variational calculus. Natural and essential boundary conditions. Nonhomogeneous boundary conditions. Problems with equality constraints. The Lagrange multiplier method. The penalty function method. Existence and uniqueness of solutions. Solvability conditions for linear algebraic equations and linear operator equations. The contraction mapping theorem. Variational and boundary value problems. The Lax-Milgram theorem.

Reference:

Applied Functional Analysis and Variational Methods in Engineering. J.N.Reddy, McGraw- Hill (1987)

Course Name: Advanced Numerical Methods
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Vector and Matrix norms,The Banach Lemma, The numerical solution of linear systems, Gaussian elimination method, LU decomposition, Algorithm for matrix inversion, Condition number and error analysis in Gaussian elimination method, Effect of changing rows and columns in reducing error in Gaussian elimination method, Residual correction method and convergence in the solution of linear equations, Tridiagonal systems, The numerical solution of nonlinear equation, chord , Newton`s ,Regula falsi and bisection algorithms, Convergence algorithms and related theorems, Linear and quadratic convergence, Newton's method for solving nonlinear systems of equations, The approximation of functions , Definition of functions norms,Polynomial interpolation, Lagrange interpolation coefficients, Chebyshev polynomials, Local polynomial interpolation, Numerical differentiation, The best approximation in norm-2, in general and in function space, Discrete least squares, Numerical integration, Simpson`s rule, Gauss quadrature and related theorems, Smooth interpolation with piecewise polynomials, Interpolation using cubic splines, Numerical methods for initial value problems, Runge-Kuta and collocation methods, Stability of numerical approximations, Stiff differential equations, Stability of explicit and implicit Euler methods, Stability of trapezoidal method, Backward differentiation formula, Collocation at 2 Gauss points, Boundary value problems in ODEs, Boundary value problems in PDEs, Finite difference method, Diffusion problems.

References

Numerical Linear Algebra, by Lloyd N. Trefethen, David Bau, III, SIAM, 1997, ISBN 0898713617, 9780898713619

Numerical Computing with MATLAB, Revised Reprint, by Cleve Moler Society for Industrial & Applied Mathematics (2012), ISBN-10: 8120346815, ISBN-13: 978-8120346819

Numerical Linear Algebra with Applications: Using MATLAB, by William Ford, Academic Press; 1st edition (September 16, 2014) ISBN-10: 012394435X, ISBN-13: 978-0123944351

Lecture notes on Elemeentary Numerical Methods, by Eusebius Doedel, 2015, Concordla University, Department of Computer Science and Software Engineering

Course Name: Advanced Automatic Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites:Automatic Control (undergrad course)
Category: Elective

Course Outline:

1- A review of the undergrad (classic) automatic control course, a comparison between the Classical Control and Modern Control.
2- State-Space representation of dynamicalsystems; Definitions of State, State Variable, State-Space; Matrix transform; Controllability and Observability; Diagonal, controllability and observability canonical forms.
3- Controller design for the Single-Input-Single-Output linear systems.
4- Linear Observers (Full-order and Reduced-Order).
5- Controller design for the Multi-Input-Multi-Output linear systems.
6- Sample- Data Control Systems
7- Kalman Filter: Optimum Observer.
8- Review of Lyapunov stability theory
9- Small projects on the above subjects.

References:

1- Ogata, K., "Modern Control Engineering", Prentice Hall; 5th edition, Sept. 2009.
2- Friedland, B., "Control System Design: An Introduction to State-Space Methods", McGraw-Hill, Pub. Co., NewYork, 1986.
3- Slotine, J.-J., and Li, W., "Applied Nonlinear Control", Prentice Hall, 1991.

Course Name: Nonlinear Dynamics and Chaos
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Introduction, Dynamics in State Space, One and Two-Dimensional Flows, Phase Portraits, Fixed point, Linearization and Stability, Bifurcations, Saddle-Node Bifurcation, Pitchfork Bifurcation, Hopf Bifurcation, Conservative and Dissipative Systems, Periodic Orbits and Limit Cycles, Strange Attractors, Poincare Sections and Stability of Limit Cycles, Three Dimensional Systems and Chaos, Universality of Chaos, The Feigenbaum Numbers, Routes to Chaos: Period-Doubling, Quasi-Periodicity, Intermittency and Crises, Iterated Maps, Lyapunov Exponents, Fractals, Pointwise and Correlation Dimensions, Applications and Case studies: Lorenz Model, Logistic Maps, Biped Robot, Gears, Detecting Unstable Periodic Orbits, Introduction to Chaos Control

References:

Hilborn, Robert C. *Chaos and nonlinear dynamics: an introduction for scientists and engineers*. Oxford University press, 2000.

Strogatz, Steven H. *Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. Westview press, 2014.

Ott, Edward. *Chaos in dynamical systems.* Cambridge University press, 2002.

Alligood, K. T., Sauer, T. D., Yorke, J. A., & Crawford, J. D. *Chaos: An introduction to dynamical systems.* Physics Today, 2008.

Kapitaniak, Tomasz. *Chaos for engineers: theory, applications, and control.* Springer Science & Business Media, 2012.

Thompson, John Michael Tutill, and H. Bruce Stewart. *Nonlinear dynamics and chaos*. John Wiley & Sons, 2002.

Course Name: Vibration of Continuous Systems
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction: Basic Concepts and Terminology.
2- Derivation of Equations: Variational Approach: Calculus of Variations, Variation Operator, Functional with Higher-Order Derivatives, Functional with Several Independent Variables, Variational Methods in SolidMechanics, Principle of Minimum Potential Energy, Applications of Hamilton's Principle.

3-Solution Procedure: Eigenvalue and Modal Analysis Approach,Solution of Homogeneous Equations, Separation-of-Variables Technique, Classification of Sturm–Liouville Problems, Properties of Eigenvalues and Eigenfunctions, Solution of Nonhomogeneous Equations, Forced Response of Viscously Damped Systems.

4- Transverse Vibration of Beams, Free Vibration Equations, Free Vibration Response due to InitialConditions, Forced Vibration, Rayleigh's Theory, Timoshenko's Theory, Vibration of Circular Rings and Curved Beams, Equations of Motion of a Circular Ring, In-Plane Flexural Vibrations of Rings, Vibration of a Curved Beam with Variable Curvature.

5- Transverse Vibration of Plates: Equation of Motion: Classical Plate Theory, Free Vibration of Rectangular Plates, Forced Vibration of Rectangular Plates, Circular Plates, Free Vibration of Circular Plates, Forced Vibration of Circular Plates.

6- Vibration of Shells: Introduction and Shell Coordinates, Theory of Surfaces, Distance between Points in the Middle Surface before Deformation, Distance between Points Anywhere inthe Thickness of a Shell before Deformation, Strain–Displacement Relations, Love's Approximations, Stress–Strain Relations, Force and Moment Resultants, Strain Energy, Kinetic Energy, Work Done by External Forces, Equations of Motion from Hamilton's Principle, Circular Cylindrical Shells, Equations of Motion of Conical and Spherical Shells.

7- Elastic Wave Propagation: One-Dimensional Wave Equation, Traveling-Wave Solution, Wave Motion in Strings, Reflection and Transmission of Waves at the Interface of Two Elastic Materials, Flexural Waves in Beams, Wave Propagation in an Infinite ElasticMedium.

8- Approximate Analytical Methods: Rayleigh's Quotient, Rayleigh's Method, Rayleigh–Ritz Method, Assumed Modes Method, Galerkin's Method, Collocation Method, Subdomain Method, Least Squares Method.

References

Rao, Singiresu S., Vibration of continuous systems. John Wiley & Sons, 2007.

Hagedorn, P., DasGupta, A., Vibrations and Waves in Continuous Mechanical Systems, Wiley, 1996.

Leissa, Arthur W., Qatu, Mohamad S., Vibration of continuous systems. McGraw-Hill, 2011.

Brommundt, E., Vibrations of Continuous Systems: Theory and Applications. Springer, 1969.

Anthony, N., Hou, L., Liu, D., Stability of dynamical systems: continuous, discontinuous, and discrete systems. Springer Science & Business Media, 2007.

Shabana, Ahmed A., Theory of vibration: Volume II: discrete and continuous systems. Springer US, 1991.

Teodorescu, Petre P., Mechanical Systems, Classical Models: Mechanic of Discrete and Continuous Systems. Springer, 2009.

Course Name: Nonlinear Vibrations
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

COURSE OUTLINE

1- Review on Linear Vibrations.

2- Mathematical Aspects: Justification of the Perturbation Method, Existence of the Perturbation Series, The Existence of Combination Oscillations, The Existence of Limit Cycles, Van Der Pol Equation, The Criterion of Poincare for Orbital Stability.

3- Free Vibrations of Undamped Systems with Nonlinear Restoring Forces: Examples, Integration of the Nonlinear Governing Equation, Geometrical Discussion of the Energy Curves in the Phase Plane.

4- Free Oscillations of with Damping and the Geometry of Integral Curves: Discussion of Integral Curves, A Study of Singular Points, Application Using the Notion of Singularities.

5- Forced Oscillations of Systems with Nonlinear Resorting Force: Duffing's Method, Jump Phenomena, The Perturbation Method, Sub harmonic Response, The Method of Rauscher, Combination tones, Stability.

6- Self Sustained Oscillations: Free Oscillations, Electrical and Mechanical Samples, A Special case of Van Der Pol Equation, Forced Oscillations, The Method of Van Der Pol, The Method of Andronow and Witt, Response Curves, Stability, Nonholonomic Response.

7- Hill's Equation: Mechanical and Electrical Problems, Floquet Theory, Stability of Hill's Equation and Mathieu Equation, Stability of Duffing Equation.

References

- Stoker, James Johnston. Nonlinear vibrations in mechanical and electrical systems. Vol. 2. New York: Interscience Publishers, 1950.
- Hashemi Kachapi, Seyed Habibollah, Domairry Ganji, Davood. Dynamics and Vibrations: Progress in Nonlinear Analysis. Springer Netherlands, 2014.
- Nayfeh, Ali H., and Dean T. Mook. Nonlinear oscillations. John Wiley & Sons, 2008.

- Mickens, Ronald E. Truly nonlinear oscillations: harmonic balance, parameter expansions, iteration, and averaging methods. World Scientific, 2010.
- Fidlin, Alexander. Nonlinear oscillations in mechanical engineering. Springer, 2005.
- Urabe, Minoru. Nonlinear autonomous oscillations: Analytical theory. Vol. 34. New York: Academic Press, 1967.
- Manevich, Arkadiy I., and Leonid Isaakovich Manevich. The Mechanics of Nonlinear Systems with Internal Resonances. London: Imperial College Press, 2005.

Course Name: Modal Analysis
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction:
Introduction of modal analysis, Modal testing and applications of modal analysis

2- Basic vibration theory:
Basic concepts of vibrations, Free and harmonistically exited vibrations of single degree of freedom (SDoF) system, Free and harmonistically exited vibrations of multi degree of freedom (MDoF) systems, Vibration of continuous systems

3-Modal analysis of single degree of freedom system:
Frequency response functions of SDoF system, Various graphical display of frequency response function, Properties of the Frequency response function

4-Modal analysis of undamped multi degree of freedom systems:
Orthogonality and normal modes, Frequency response functions of an undamped MDoF system, Modal model of anundamped MDoF system, Harmonistically exited response of an undamped MDoF system

5-Modal analysis of damped multi degree of freedom systems:
Proportional damping models, Non-proportional viscous damping model, Non-proportional structural damping model, Mass-normalized modes of a damped MDoF system, Frequency response functions, Time response of a damped MDoF system

6- Modal analysis methods using frequency domain:

Detection of vibration modes from measured FRF data, Derivation of modal data from FRF data using SDoF methods, Derivation of modal data from FRF data using MDoF methods

References:

1- Z. F. Fu, J. He, "Modal Analysis", Butterworth Heinemann, 2nd Edition, 2001.
2- D. J. Ewins, "Modal Testing: Theory and Practice", Research Studies Press, 1984.
3- D. J. Ewins , "Modal Testing: Theory, Practice and Application", Wiley, 2nd Edition, 2001.
4- N. M. M. Maia, "Theoretical and Experimental Modal Analysis", Research Studies Press, 1997.
5- G. Conciauro, M. Guglielmi, R. Sorrentino, "Advanced Modal Analysis", Wiley, 2000.
6- C. W. de Silva, "Vibration: Fundamentals and Practice", CRC Press, 1999.

Course Name: Robotics: Modeling [Kinematics and Dynamics] and [Classic (Industrial)] Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites:Dynamics, Dynamics of Machinery and Automatic Control (all undergrad courses)
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction to robotics, industrial robots and their applications.
2- Introduction to robot types and serial robots with spherical and prismatic joints: Cylindrical Robots, Spherical Robots, Cartesian Robots, etc.
3- Introduction to some definitions in roboticsincluding homogeneous transformation matrix, joint space, task space, workspace, etc.
4- Forward and inverse kinematics (position, velocity and acceleration) of serial robots.
5- Newtonian and Lagrangian (forward and inverse) dynamics of serial robots.Properties of dynamic model matrices and vectors.
6- Introduction to path and trajectory planning of robots.
7- PD and PID control of serial robots.
8- Projects on robot kinematics, robot dynamics, path and trajectory planning and robot (industrial) control.

References:

1- Sciavicco L. and Siciliano B., "Modeling and Control of Robot Manipulators", McGraw-Hill Pub. Co., 1996.
2- Paul, R. P., "Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control", MIT Press, 1982.
3- Craig J. J., "Introduction to Robotics, Mechanics & Control" Addison Wesley Pub. Co., 1986.

Course Name: Nonlinear Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Introduction, Nonlinear system properties, Equilibrium points, Limit cycles, Phase plane analysis for linear and nonlinear systems, Describing functions and their applications in the analysis of nonlinear systems, Various definitions for stability, Local and global stabilization, The Lyapunov method in stability analysis, Methods of Lyapunov function generation, Nonlinear controller design based on Lyapunov theorem, Model reference control systems, Linearization of nonlinear systems about equilibrium and working points, Linear controller design for nonlinear systems, Gain scheduling method, Controller design in canonical controllable form, Input-state linearization, Input-output linearization, Internal dynamics, Controlling law for input-state linearization, normal forms, Zero dynamics, Local and global stabilization of closed-loop systems, Backstepping method for nonlinear controller design, Generalized backstepping control method, Internal and zero dynamic effects in backstepping controllers, Variable structure systems, Sliding surfaces, Sliding mode controller, Continuous approximation of switching control law, Generalized sliding mode control method

References

Applied Nonlinear Control; J. Slotine and W. Li, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1991.

Nonlinear Systems; H. Khalil, 3rd Edition, Prentice Hall Inc, Newjersy, 2001.

Nonlinear Control Systems; A. Isidori, 3rd Edition, Springer Verlag, 1995.

Course Name: Robot Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: Robotics
Category: Elective

Course Outline:

- Review of "Robotics" course, dynamics modeling of serial robots and the properties of robot dynamic model matrices and vectors.
- Point to point (regulation) and trajectory tracking of robots
- Robot control in joint space including: PD, PID, Inverse dynamics, Lyapunov based control, Passivity based control, Robust, Adaptive, etc.
- Robot control in task space.
- Force control of robots including: parallel, hybrid and impedance control.
- Robot control in presence of base compliance, joint flexibility and link flexibility.
- Introduction to control of mobile robots.
- Review of robot sensors.
- Projects in the above mentioned controls.
- New ideas in robot control.

References:

1- Canudas de Wit C., Siciliano B. and Bastin G. (Editors), "Theory of Robot Control", Springer-Verlag, 1996.
2- Lewis F. L., Abdallah C. T. and Dawson D. M. "Control of Robot Manipulators", Macmillan Pub. Co., 1993.

Course Name: Optimal Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Introduction, History and applications, Formulating optimal control problems, Dynamic programming, Principle of optimality, Recursive method in dynamic programming, The Hamilton-Jacobi-Bellman equation, Calculus of variations, Variational approach to optimal control problems, Linear regulators and LQR problem, Solution of Riccati equation, Optimal control of discrete-time systems, Discrete-time LQR and LQT problems, Pontryagin's minimum principle, Optimal control with state inequality constraints, Optimal tracking control, Optimal LQT with fixed and free final time, Numerical determination of optimal trajectories, Computer simulation of optimal control systems

References:

Kirk, D. E., *Optimal Control Theory - An Introduction*, Dover Publications 2004.

Lewis, F.L. and V.L. Syrmos, *Optimal Control*, 3rd edition, Wiley 2012.

Geering, Hans P., *Optimal control with engineering applications*. Berlin: Springer, 2007.

Naidu, D. Subbaram. *Optimal control systems*. Vol. 2. CRC press, 2002.

Hull, David G. *Optimal control theory for applications*. Springer, 2003.

Course Name: Multivariable Control Systems
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Single-loop feedback design: Review of elementary feedback design, The general shape of the solution, Approaches to design, Limitation on performance.

2- Introduction to multivariable systems: The Smith-McMillan form of a transfer function matrix, Poles and zeros, Matrix-fraction description (MFD), State space, Internal stability, Nyquist stability criterion, Generalized stability.

3- Robust performance of multivariable feedback systems:Principal gains (singular values), Relation between closed-loop and open-loop, Characteristic loci, Limitation on performance, Stochastic signals, The operator norms, Representations of uncertainty, Stability robustness.

4- Multivariable design: Sequential loop closing, The characteristic-locus method, Reversed-frame normalization, Nyquist-array methods, Diagonal dominance, Quantitative feedback theory.

5- Model reduction: Truncation and residualization, Balanced realization, Optimal Hankel norm approximation, Reduction of unstable models.

References:

- Maciejowski, Jan Marian. "Multivariable feedback design." Electronic Systems Engineering Series, Wokingham, England: Addison-Wesley,| c1989 1 (1989).
- Skogestad, S., and I. Postlethwaite. "Multivariable feedback control: design and analysis." John Wiley & Sons Ltd, Chichester (2005).
- Khaki-Sedigh, Ali, and BijanMoaveni. Control configuration selection for multivariable plants. Vol. 391. Springer, 2009.
- Bryant, Greyham F., and Lam-Fat Yeung. Multivariable control system design techniques. Wiley, 1996.
- Patel, Rajnikant V., and Neil Munro. Multivariable system theory and design. Pergamon Press Reprint, 1982.

Course Name: Robust Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Sources of uncertainty in dynamic systems: Parametric uncertainty, Dynamic uncertainty, Uncertainty modeling.
Applications of robust control: Industrial processes, Research applications.
Performance limitations: Single-input single-output systems, Multi-input multi-output systems.
Robust analysis methods: Robust stability, Robust performance.
Performance specifications in frequency domain: H_2 and H_∞.
Small gain theorem.
Robust control analysis using linear matrix inequalities (LMIs).
Robust control synthesis using linear matrix inequalities (LMIs).
μ analysis.
μ synthesis.

References

"Multivariable Feedback Control – Analysis and Design", 2nd edition, S. Skogestad and I. Postlethwaite, Wiley, 2005.

"Control System Design", G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Prentice-Hall, 2001.

"Control Theory – Multivariable and Nonlinear Methods", T. Glad and L. Ljung, Taylor & Francis, 2000.

"Essentials in Robust Control", K. Zhou, Prentice Hall, 1998.

"Robust Control-The Parametric Approach", Bhattacharya, Apellat, Keel, Prentice Hall, 2000.

"Robust Process Control", Morari, Manfred; Zafiriou, Evanghelos, Prentice Hall, 1989.

Course Name: Adaptive Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction to Adaptive Control: Adaptive Control versus Conventional Feedback Control, Basic Adaptive Control Schemes.
2- Identification: Identification Problem, Identifier Structure, Linear Error Equation and Identification Algorithms, Gradient Algorithms, Least-Squares Algorithms, Stability of the Identifier, Persistent Excitation and Exponential Convergence, Model Reference Identifiers, SPR Error Equation, Frequency Domain Conditions for Parameter.

3-Adaptive Control: Model Reference Adaptive Control Problem, Controller Structure, Adaptive Control Schemes, Input Error Direct Adaptive Control, Output Error Direct Adaptive Control, Indirect Adaptive Control, Adaptive Pole Placement Control, The Stability Problem in Adaptive Control, Analysis of the Model Reference Adaptive Control System, Exponential Parameter Convergence.

4-Gradient Algorithms Based on the Linear Model: Gradient Algorithm with Instantaneous Cost Function, Gradient Algorithm with Integral Cost Function.

5- Least-Squares Algorithms:Recursive LS Algorithm with Forgetting Factor, Pure LS Algorithm, Modified LS Algorithms, Parameter Projection.

6- Simple MRAC Schemes: Scalar Example: Adaptive Regulation, Direct MRAC without Normalization, Indirect MRAC without Normalization, Direct MRAC with Normalization, Indirect MRAC with Normalization, Vector Case: Full-State Measurement.

7- Continuous-Time Adaptive Pole Placement Control: Simple APPC Schemes: Without Normalization, Scalar Example: Adaptive Regulation, Adaptive Tracking.

References

- Ioannou, P., Fidan, B., Adaptive Control Tutorial (Advances in Design and Control). SIAM, 2006.
- Sastry, S., BodsonM., Adaptive control: stability, convergence and robustness, 1989.
- Kokotovic,PV.,Kanellakopoulos, I., Morse, A., Foundations of adaptive control. USA: Springer-Verlag, 1991.
- Åström, Karl J., Wittenmark, B., Adaptive control. Courier Corporation, 2013.

- Landau, I., Adaptive control: algorithms, analysis and applications. Springer Science & Business Media, 2011.
- Wookjin, S., You, K., Adaptive precision geolocation algorithm with multiple model uncertainties. INTECH Open Access Publisher, 2009.

Course Name: Fuzzy Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction to Fuzzy Theory and Its Applications
2- Fuzzy Sets and Basic Operations on Fuzzy Sets, Fuzzy Relations and the Extension Principle
3- Linguistic Variables and Fuzzy Rules
4- Fuzzy Systems and Their Properties (Fuzzifiers, Fuzzy Rule Base, Fuzzy Inference Engines and Defuzzifiers)
5- Design of Fuzzy System from Input-Output Data, Design of Fuzzy Systems Using Gradient Descent Training and Recursive Least Squares, System Identification Using Fuzzy Logic
6- Fuzzy Control of SISO and MIMO Linear Systems, Fuzzy PD, PI and PID Controller Design
7- Design of the Supervisory Nonlinear Controller Using Fuzzy Logic, Gain Scheduling of PID Controller Using Fuzzy Systems
8- Fuzzy Sliding Mode Control of Nonlinear Systems, Introduction to Adaptive Fuzzy Controllers
9- The Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Fuzzy Systems, Stability Analysis of the Dynamic TSK Fuzzy Systems, Design of TSK Fuzzy Controllers for Nonlinear Systems

References:

L. X. Wang, "A Course in Fuzzy Systems and Control", Prentice Hall Press, 1999.

G. Chen, T. T. Pham, "Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems", CRC Press, 2000.

M. Margaliot, G. Langholz, "New approaches to fuzzy modeling and control: design and analysis" World Scientific Press, 2000.

H. J. Zimermann, "Fuzzy Set Theory and it's Applications" Springer, 2001.

Course Name: Stochastic Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Brief review on probability and random variables: Random signals, and random variables, Joint and conditional probability density function, Expectation, Averages, Normal or Gaussian random variables, Joint continuous random variables, Correlation, Covariance, Orthogonality, Transformation of random variables, Limits, Convergences, Unbiased estimators.

2- Random process: Concept, Probabilistic description of a random process, Gaussian random process, Classification of processes, Autocorrelation function, Crosscorrelation function, Power spectral density function, White noise, Gauss-Markov Processes, Brownian-Motion Process, Determination of Autocorrelation function from experimental data.

3- State-space Modeling: Stationary (Steady-State) analysis, Pure white noise and bandlimited systems, Shaping filter, Nonstationary (transient) analysis, Vector description of random processes, Monte Carlo simulation of discrete-time processes.

4- Discrete Kalman filter: Introduction to recursive processes, Augmenting the state vector, Multiple input – multiple output systems, Gaussian Monte Carlo simulation, The information filter, Orthogonality principle, Divergence problems, Suboptimal error analysis, Reduced order suboptimality, square-root filtering, Kalman filter stability.

5- Further topics on Kalman filter: Classification of smoothing problems, Adaptive kalman filter, Decentralized kalman filtering, Linearization,Sampling Bayesian filters, The extended kalman filter, Unscented kalman filter, The particle filter.

References

- Brown, Robert Grover, and Patrick YC Hwang. Introduction to random signals and applied Kalman filtering: with MATLAB exercises and solutions, 4th

Edition, by Brown, Robert Grover.; Hwang, Patrick YC New York: Wiley, c2012.
- Lewis, Frank L., and F. L. Lewis. Optimal estimation: with an introduction to stochastic control theory second edition. New York et al.: Wiley, 2008.
- Lewis, Frank L., LihuaXie, and Dan Popa. Optimal and robust estimation: with an introduction to stochastic control theory. Vol. 29. CRC press, 2007.
- Bertsekas, Dimitri P. Dynamic Programming and Optimal Control, Volume I. 3rd ed. Athena Scientific, 2005
- Dynamic Programming and Optimal Control, Volume II: Approximate Dynamic Programming. 4th ed. Athena Scientific, 2012.
- Catlin, Donald E. Estimation, control, and the discrete Kalman filter. Vol. 71. Springer Science & Business Media, 2012.
- Zarchan, Paul, and Howard Musoff. Progress In Astronautics and Aeronautics: Fundamentals of Kalman Filtering: A Practical Approach. Vol. 208. AIAA, 2005.

Course Name: Biomechanics of musculoskeletal system
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Compulsory

Course Outline:

1. Introduction: definition of the musculoskeletal system, directions and movements, human joint types and their characteristics
2. Skeletal modeling: skeletal models, extraction kinematic and force data, kinematic and dynamic analysis, inverse dynamics problems
3. Gait analysis: gait cycle, primary characteristics, kinematic and kinetic characteristics
4. Tissue mechanics: characteristic equation, viscoelastic properties, structure and properties of connective tissues
5. Tendon and ligament: structure, mechanical properties, biomechanical behavior, injuries
6. Bone: structure, mechanical properties, biomechanical behavior, remodeling, injuries
7. Joint cartilage: structure, mechanical properties, biomechanical behavior, lubrication mechanism, injuries
8. Muscle: structure and function, types of work and muscle contraction, factors affecting muscle force, muscle modeling
9. musculoskeletal modeling: musculoskeletal models, equations of motion, optimization techniques

References:

1. Benno M. Nigg and Walter Herzog, *Biomechanics of the musculoskeletal system*, 3rd ed., wiley, 2007.

2. Delleman N, Haslegrave C, Chaffin D, *Occupational Biomechanics*, 4th ed., Wiley & Sons, 2006.

3. Stokes, I.A.F., Blanchi, J.P., *Three-Dimensional Analysis of Human Movement*, Allard, P., Human kinetics Pub., Champaign, II, 1995

4. Selected papers

Course Name: Medical Robotics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction, Mathematical Preliminaries, Inverse and Forward Kinematics of Robots
2- An overview of dynamics of serial manipulators
3- Position control, stiffness and force control of robots
4- Rehabilitation robotic systems: contact and non-contact robotic systems for physical therapy, assistive robotic devices, robotic prosthetics and orthotics devices
5- Design of rehabilitation robots: Analysis and synthesis of motion, human robot interaction, sensory feedback and motion control
6- Surgical robotic systems: surgical robotic devices and instruments, surgical navigation systems, surgical assistant robotic devices, teleoperated surgical robotic systems
7- Design of surgical robots: Analysis and synthesis of motion, RCM mechanisms, tactile feedback in surgical robotics

References

1- Rosen J., Hannaforf B., Satava R.M., *Surgical robotics: Systems Application and Visions*, Springer, 2011,
2- S. H. Baik, *Robot Surgery*, Intech, 2011.
3- S. S. Kommu, *Rehabilitation Robotics*, I-Tech Education and Publishing, Vienna, 2007.
4- Bozovic V., *Medical Robotics*, Intech, 2008.

Course Name: Analysis and modeling of human movements
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1. Importance of analysis and modeling of human movements
2. Measurement techniques for kinematic and kinetic data
3. Kinematic analysis of human movements
4. Inverse dynamics analysis of human movements
5. Forward dynamics analysis of human movements
6. Movement design problem by optimization and its constraints
7. Static optimization of human movements
8. Dynamic optimization of human movements and optimal control

References

1. Bartlett Roger, *Introduction to Sport Biomechanics*, Routledge, 2nd ed., 2007.

2. Zatsiorsky Veladimir M, *Kinematics of Human Motion*, Human Kinetics, 1998.

3. Allard, P., Stokes, I.A.F., Blanchi, J.P. *Three-Dimensional Analysis of Human Movement*, Human kinetics Pub., Champaign, II, 1995

4. Selected papers

Course Name: Control of Biological Systems
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Part 1: Introduction, linear and nonlinear differential equations, Laplace transform, state space models, linear and nonlinear biological systems, feedback control, linear control, optimal control, nonlinear control methods, adaptive control, robust control.
Part 2: Introduction to biomechanics, biology, biochemistry and pharmacology, analyzing biomechanical and biomedical models, applications of optimal, adaptive and robust control theories in biomedical and biological systems, robustness and sensitivity analysis of control methods.
Part 3: Suggested control strategies for musculoskeletal systems, control of diseases inside the body, drug delivery control, Cancer chemotherapy and treatment, control of tumor growth, control of HIV infection, control of diseases epidemic (e.g. Influenza) inside the population.
Part 4: Simulation and programming of different control strategies for biological and biomedical systems using Matlab and Simulink software.

Main References

1. Carlo Cosentino and Declan Bates, *Feedback Control in Systems Biology*, CRC Press, 2011.
2. Joseph J. DiStefano, *Dynamic Systems Biology Modeling and Simulation*, Elsevier Science, 2015.
3. Ledzewicz, U., Schättler, H., Friedman, A., & Kashdan, E., *Mathematical Methods and Models in Biomedicine*, Springer Science & Business Media, 2012.
4. Jean-Jacques E. Slotine and Weiping Li, *Applied nonlinear control*, Prentice Hall, 1991.
5. Heinz Schättler and Urszula Ledzewicz, *Optimal Control for Mathematical Models of Cancer Therapies*, Springer, 2015.
6. Margareta Nordin and Victor Hirsch Frankel, *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

Course Name: Occupational Biomechanics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- History of biomechanics
2- Biomatreial properties of soft tissues
3- Anthropometry and application of statistics in occupational biomechanics
4- Equipment and instruments for evaluating human performance
5- Biomechanical models of hip, knee, wrist and shoulder joints
6- Evaluating the work environment and recognizing the risk factors of neuro-musculo-skeletal disorders
7- Ergonomic advices for lifting exercise
8- Vibration effects on human body and its consequences
9- Designing working tools

References

1. Chaffin DB., Anderson G.B.J. and Martin B.J., *Occupational Biomechanics*, Wiley-Interscience, 4th ed., 2006.

2. Johnston A.T.J., *Biomechanics and exercise Physiology: Quantitative Modeling*, Wiley & Sons, 2nd ed., 2007.

3. Selected papers

Course Name: Design of Medical Devices and Implants
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

A: **Principles of Implant Design**
Clinical Problems, Principles of Implant Design, Permanent versus Absorbable Devices,Missing Organ and its Replacement, Criteria for Materials Selection, Tissue Engineering (Scaffolds, Cells and Regulators).

B: **Design Parameters**:
Design Specifications, Biomaterials Survey, Biocompatibility (Local and Systemic Effects; Scar Formation and Contraction), Tissue Bonding and Modulus Matching, Degradation of Devices (Natural and Synthetic Polymers; Corrosion and Wear).

C: **Design Solution In-use**
Scaffolds for Cartilage Repair, Implants for Bone, Implants for Plastic Surgery, Cardiovascular Prostheses: Heart Valves and Blood Vessels, Devices for Nerve Regeneration, Musculoskeletal Soft Tissues: Meniscus, Intervertebral Disk, Dental and Otologic Implants, Other Devices: Spinal Cord, Heart Lung,

D: **Design under static and dynamic loads**
Selected topics (design of implants and prosthesis under static and dynamic loads using Ansys Workbench).

Main Text:

1- Yannas, I. V. *Tissue and Organ Regeneration in Adults.* New York, NY: Springer, 2001.

References:
Mitchell, L. Shannon, and Laura E. Niklason. *Requirements for Growing Tissue-Engineered Vascular Grafts,* Cardiovascular Pathology 12 (2003): 59-64.
Niklason, L. E., J. Gao, W. M. Abbot, K. K. Hirschi, S. Houser, R. Marini, and R. Langer, *Functional Arteries Grown in Vitro,* Science 284 (April 16, 1999): 489-493.
Schoen, Frederick J., and Robert J. Levy., *Tissue Heart Valves: Current Challenges and Future Research Perspectives*, Founder's Award, 25th Annual Meeting of the Society for Biomaterials, Providence, RI, April 28-May 2, 1999.
Rabkin, Elena, and Frederick J. Schoen., *Cardiovascular Tissue Engineering,* Cardiovascular Pathology II (2002): 305-317.
Langer, Robert, and Joseph P. Vacanti., *Tissue Engineering,* Science, New Series 260, No. 5110 (May 14, 1993): 920-926.

Yannas, I. V., Burke, J. F., Orgill, D. P., & Skrabut, E. M., *Wound Tissue Can Utilize a Polymeric Template to Synthesize a Functional Extension of Skin,* Science, New Series 215, No. 4529 (January 8, 1982): 174-176.

Course Name: Kinematics and Dynamics of Bio-inspired Robots
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

A: **Configurations and velocities**
Joints/Links, configuration space, Review of matrix algebra and Lie Groups, Rigid bodies in SE(2), SE(2) velocities, spatial and body velocities.

B: **Articulated Systems**
Articulated systems, fixed base systems, Mobile articulated systems, generalized body frames, Jacobians.

C: **Mechanics of Locomotion**
Fundamentals of kinematic locomotion (linearity, symmetry, nonholonomic constraints), full body locomotion (Pfaffian constraints and covectors), Connection vector fields, no-slide and inertial constraints, Geometric connection, Fiber Bundle structure, Types of locomotion, Locomotion in fluids, Gaits of locomotion, Gait generation Rules, unify concepts, Gait efficiency and optimization, Shape space motion planning, modal shapes, Selected topics in Gait control.

References:

1. Ross L. Hatton and Howie Choset, *An Introduction to Geometric Mechanics and Differential Geometry,* 2011.

2. Choset, Howie M., *Principles of robot motion: theory, algorithms, and implementation.* MIT press, 2005.

3. Shammas, E. *Generalized Motion Planning for Underactuated Mechanical systems.* Ph.D. thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, (2006).

4. Ostrowski, J. P. *The Mechanics and Control of Undulatory Robotic Locomotion.* Ph.D. thesis, California Institute of Technology, (1995).

Course Name: Fundamentals of Biomedical Engineering
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Compulsory

Course Outline:

Part 1: A Historical Perspective of Biomedical Engineering, Moral and Ethical Issues, Introduction to Anatomy and Physiology, Introduction to Biomechanics, Rehabilitation Engineering and Assistive Technology, Introduction to Biomaterials, Tissue Engineering, Bioinstrumentation, Biomedical Sensors, Biosignal Processing, Bioelectric Phenomena, Physiological Modeling, Genomics and Bioinformatics, Computational Cell Biology and Complexity, Radiation Imaging, Medical Imaging, Biomedical Optics and Lasers.
Part 2: Muscles and movement, Skeletal biomechanics, Kinematics, Kinetics: Forces and Moments of Force, Mechanical Work, Energy, and Power, Terrestrial locomotion, Kinesiological Electromyography, Biomechanical Movement Synergies, Cellular biomechanics, Hemodynamics, The circulatory system, The interstitium, Ocular biomechanics, The respiratory system.

References:

1. Enderle, John Denis, and Joseph D. Bronzino, *Introduction to Biomedical Engineering*, Second Edition, Elsevier Academic Press, 2005.
2. C. Ross Ethier and Craig A. Simmons, *Introductory Biomechanics from Cells to Organisms*, Cambridge University Press, 2007.
3. David A. Winter, *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, 2009.

Course Name: Modeling and Simulation of Biological Systems
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Part 1: Introduction, linear and nonlinear differential and difference equations, Laplace transforms,state space models, linear algebra, probability, statistics and stochastics, discrete and continuous processes, linear and nonlinear systems.
Part 2: Introduction to biomechanics, biology, biochemistry and pharmacology, building and analyzing biomodels, methodology and computational tools for parameter identifiability, sensitivity analysis, parameter estimation from real data, model distinguishability and simplification, practical bioexperiment design and optimization.
Part 3: Musculoskeletal systems modeling, modeling of diseases inside the body, Cancer modeling and treatment, mathematical models of tumor growth, HIV infection modeling and treatment, modeling of diseases epidemic inside the population, influenza epidemic models, Ebola epidemic models, mathematical models of cell cycles, blood vessel dynamics.
Part 4: Simulation and programming biological and biomedical models using Matlab and Simulink software.

References:

1. Joseph J. DiStefano, *Dynamic Systems Biology Modeling and Simulation*, Elsevier Science, 2015.
2. Ledzewicz, U., Schättler, H., Friedman, A., & Kashdan, E., *Mathematical Methods and Models in Biomedicine*, Springer Science & Business Media, 2012.
3. S. Sitharama Iyengar, *Computer Modeling and Simulations of Complex Biological Systems*, 2nd Edition, CRC Press, 1997.
4. Leah Edelstein-Keshet, *Mathematical Models in Biology*, SIAM, 1988.
5. Margareta Nordin and Victor Hirsch Frankel, *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

Course Name: Intelligent Systems and Control
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

Introduction to artificial neural networks, Comparison the learning methods in man and machine, Pattern recognition, Basic neuron, Modeling the single neuron, Learning in simple neurons, Multi-layered perceptron (MLP), Recurrent multilayer perceptron (RMLP), Artificial neural networks as universal approximators, Systems identification and modeling, Intelligent control systems, Classical intelligent controllers, Introduction to neuro-fuzzy controllers, Emotional learning based intelligent controllers, Introduction to neuro-fuzzy controllers, Nature inspired optimization algorithms, Introduction to optimization, simulated annealing (SA), Genetic algorithms (GA), Binary genetic algorithms, Continuous genetic algorithms, Applications of genetic algorithms in engineering, Ant colony optimization (ACO), Particle swarm optimization (PSO), Applications of heuristic optimization algorithms in control systems

References

1. R. Beal, T. Jackson, *Neural Computing: An Introduction*, Institute of Physics Publishing, 1998.
2. R. J. Schalkoff, *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*, McGraw-Hill 1990
3. B. Yegnanarayana, *Artificial Neural Networks*, Prentice-Hall, 1999.
4. R. L. Haupt, S. E. Haupt, *Practical Genetic Algorithms*, John Wily & Sons, 1998.
5. D. Corne, M. Dorigo, *New Ideas in Optimization*, McGraw-Hill, 1999.
6. M. Gen, R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, John Wiley and Sons, Inc., 2000.

Course Name: Biomechanics of Bone and Bone Injuries
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Biomechanical properties and functions of bone
2- Biomechanical properties of bone tissues and bone growth mechanisms
3- Bone remodeling process in different times
4- Fracture types and mechanisms
5- Bone reaction to force, heat, and electrical and magnetic fields
6- Adaptive elasticity theory
7- Bone remodeling theories
8- Osteoporosis and stress concentration in bones
9- Force analysis of femur joint and its prosthesis

References

1- Cowin, Stephen C., "*Bone mechanics handbook*", CRC Press, 2001.
2- Lowet, Geert, (Ed.), "*Bone research in biomechanics*." Vol. 40. IOS Press, 1997.

Course Name: Instrumentation in bio system
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1. Introduction to Measurement
2. Primary concepts of measurement in medical
3. Operation principles of base sensors : Displacement measurement ; Force measurement ; Temperature measurement
4. The roots of the electric potential in biological systems
5. Trading with operations of EEG and ECG devices
6. Operation principles of electrodes and external links
7. Pressure and voice measurements in blood circulations system
8. Flow measurement in blood circulation system
9. Respiratory system measurement
10. Laser usage in measurements systems
11. Ultrasound usage in measurements systems
12. Operation principles of biosensors
13. Dimensional effect of biological structures in measurements systems
14. Measurements in microstructures
15. MEMS/BiMEMS principles
16. Standards, criteria and calibrations of medical instruments

References

1) Webster J.G. *Medical Instrumentation: Application and Design*, 4th Edition, John Wiley and Son, 2009.
2) Brian R.Eggins, *Biosensors- An Introduction*, John Wiley and Son, 1997.
3) Steven S.Saliterman, *Fundamentals of BioMEMS and Medical Microdevices*, Spie international Society for Optical Engine, 2006.

Course Name: Artificial organs
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- introduction to artificial organs
2- Artificial lung(oxygenator)
3- Respiratory equipments (Ventilators, Spirometers and etc.)
4- Artificial heart
5- Artificial valves
6- Ancillary instruments of heart
7- Artificial kidney(Hemodialysis)
8- Introduction to texture engineering and using it to build artificial organs
9- Introduction to other artificial organs like liver, vessel, skin, ear, eye etc. in a class project

References

1) Motgan& Claypool, *Artificial Organs*, Gerald E.Miller, 2006.
2) S.Najaria, *Introduction to Biomedical Engineering*, 1385 JahadDaneshgahi Publication.
3) Ronald Fournier, *Basic Transport Phenomenia in Biomedical Engineering*, 2011.
4) Truskey, Yuan and Katz, Transport Phenomena in Biological Systems, 2009.

Course Name: Spine biomechanics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Importance and epidemiology of pains and lumbar injuries and the part of mechanical parameters
2- Anatomy and primary concepts of spinal's biomechanic
3- Estimation of mechanical loads upon spinal column; Lab method "in-vivo";lab method "in-vitro";importance of biomechanical models
4- Spine biomechanical models; Equivalent muscular models; Optimization models; Electromyography models; Combinational models; Finite element models; Models validation's method
5- Mechanical resistance's analysis of spine
6- Application of biomechanical models in ergonomics and Physiotherapy; Optimized way of picking objects,designing ways of muscular physiotherapy

References

1. Bogduk N., *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*, Elsevier Health Sciences, 4th Edition, 2005.
2. Hong Y., Bartlett R. (Eds), Routledge,*Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*. Taylor and Francis Ltd, London, 2008.
3. McGill Stuart, *Low back disorders: evidence- based prevention and rehabilitation*, Human Knetics, Champaign, 2nd Edition, 2007.
4. Reeves NP, Cholewicki J. *Modeling the human lumbar spine for assessing spinal loads, stability, and risk of injury*. Critic Rev Biomed Eng. 2003; 31(1-2): 73-139.

Course Name: Rehabilitation engineering
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1. introduction to engineering usage in rehabilitation
2. Social, moral and mental considerations in development of rehabilitation engineering
3. Principles of engineering design in rehabilitation
4. Design aids and orthotics; Manual and motorized wheelchair; Standing and sitting support systems; Corrector orthotics of organs and spine deformity; Orthopedic and sporty orthotics; orthotics and aids for improvement of walking and daily activities(active and inactive orthotics for walking, daily activities assistive devices) ; Orthotics and special aids for neuromuscular patients
5. Orthotics design; Upper organs prosthesis; Lower organs prosthesis

References:

1. Rory A Cooper, *Rehabilitation Engineering Applied to Mobility and Manipulation*, Institute of Physics Publishing, 1995.
2. Rory A Cooper, HisaichiOhnabe, Douglas A. Hobson (Editors), *An Introduction to Rehabilitation Engineering (Series in Medical Physics and Biomedical Engineering)*. Taylor & Francis; 1 edition (December 26, 2006)
3. Rose Sgarlet Myers, Sunders S, *Manual of Physical therapy*, Saundrs; 1st edition (January 15, 1995).
4. Deborah A.Nawoczenskси, Marcia E. Epler, *Orthotics in functional rehabilitation of lower limb*; 1st edition (January 15, 1997)
5. Bowker HK, MichaclJW(eds): *Atlas of Limb Prosthetics: Surgical, Prosthetic, and Rehabilitation Principles*, Rosemont, IL, American Academy of Orthopedic Surgeons, edition 2, 1992, reprinted 2002.

Course Name: Cellular mechanics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1- Introduction
2- Cell: function and types
3- Cell: structure,size and shape
4- Nets mechanic of 2D and 3D chains(introduction of cellular Filaments,Elasticity of cellular filaments,soft nets in cells,elastic nets,elastic coefficient of 2D and 3D nets,Anthropic nets,Rheology and inner cellular organs)
5- Cell membrane mechanic(structure of biological membrane, pressure resistance, bending resistance,affection of heat fluctuation in surface curvature of membrane shape;mechanical, thermomechanical and elasticity specification of membrane)
6- Cellular entropy,interaction of cells and membranes,cells viscosity mechanic, cellular movement mechanic
7- Filaments dynamic (movement inside cells,force due to filaments);biological cells mechanic (Bacteria, uncomplicated biological cells,blood cycle cells,Stem cells of human body)

References:

1- Boal D., *Mechanics of the Cell*, 2002, Cambridge University Press.
2- Mow V.C. et al. *Cell Mechanics and Cellular Engineering*, Springer Verlag, reprint 2012.
3- Flyvbjerg, H. et al. (eds), *Physics of Bio- Molecules and Cells*, 2002, Springer Verlag.
4- Bray D.*CellMoverment: From Molecules to Motility (2nd ed)*, 2001, Garland.
5- Becker W.M. et al(eds), *World of the Cell(6th ed)*, 2005, Benjamin Cummings.
6- Albers B. et al., *Molecular Biology of the Cell (5th ed)*, Garland, 2007.

Course Name: Collision Trauma Biomechanics
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1. Introductory on collision/injury biomechanic and their methods; Analysis and statistical methods in injuries classification; Injuries and its biomechanical responses
2. Test designing and measurements due to the collision/injury: Study different biomechanical models of injury; Load-injury analysis and its biomechanical responses
3. In vitro methods of studying collision; Dummy designing; Criteria performance and related measuring methods
4. Mathematical simulation models: Multibody model; FEM model
5. Biomechanic of cervical, vertebral column and thoracic injury
6. Biomechanic of cephalic and brain injury

References:

1) Nahum, A,J,Melvin, "*Accidental injury: Biomechanics and prevention*", Springer- Verlng, 1993.
2) Schmitt K.V., Nieder, P.F..Muser M. H., walz, F "*TraumaBiomechanics, Accidental injury in traffic and sports*" Springes- Verlage 2007.

Course Name: Orthopedic biomechanic
Credits: 3
Program: Graduate
Prerequisites: -
Category: Elective

Course Outline:

1. Introduction: Orthopedic and usage of it; Orthopedic biomechanics
2. Bone biomechanics; Bone operations in skeletal systems; Structure and composition of bone; Mechanical properties of dense and cancellous bone; Mechanobiology; Adaptable modeling; Hierarchical modeling
3. Biomechanics of bone fracture and restoration; Bone fracture mechanism; The process of bone restoration; Restoration biomechanics; Restoration modeling
4. Biomechanics of fixation devices; Process of fracture treatment; Bone implant material; External and internal fixation; Fracture fixation standards
5. Joints biomechanics; Structure and operation of joints; Analysis of movement and force in joints; Biomechanics of knee joints; Biomechanics of femur
6. Experimental methods for study of joints; Methods of measuring force, movement, contact surface and stability of joints;
7. Mathematical modeling of joints; Solid body modeling; Flexible body modeling
8. Biomechanics of joints changing; Joint illness; Implant materials of joints; Design principles of artificial joints; Artificial joints of knee; Artificial femur joint; Standards of artificial joints

References

1. Mow V.C., Huiskes R., Basic *Orthopedic Biomechanics and Mechano-Biology*, Lippincott Williams & Wilkins, 3rd Edition, 2005.
2. Bartel D.L., Davy D.T., Keaveny T.M., *Orthopedic Biomechanics: Mechanics and Design in Musculoskeletal Systems*, 1st Edition, 2006.
3. Andrew A. Biewener, IRL, *Biomechanics, structures and systems: a practical approach*, Press at Oxford University Press, 2009.
4. D.L. Hamblen, *Outline of Orthopedics*, John Crawford Adams, Elsevier Science Health Science Division, 13th edition, 2001.